Campi Elettromagnetici

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica, Biomedica e delle Telecomunicazioni

a.a. 2020-2021 – Laurea "Triennale" – Secondo semestre – Secondo anno

Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

Stefano Perna

Riepilogo lezione precedente

Campi elettromagnetici

Riepilogo lezione precedente

Campi elettromagnetici

Riepilogo lezione precedente

Campi **elettro**magnetici

Riepilogo lezione precedente

Campi elettro**magnetici**

Riepilogo lezione precedente

Campo elettromagnetico

Perché si parla di campo?

Perché si parla di campo elettromagnetico?

Il campo elettrico che fine ha fatto?

Il campo magnetico che fine ha fatto?

Riepilogo lezione precedente

Il campo è una *grandezza* che dipende dalle coordinate dello spazio o, più *generalmente*, dello spaziotempo

Riepilogo lezione precedente

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t)$$

Il campo elettrico è un vettore

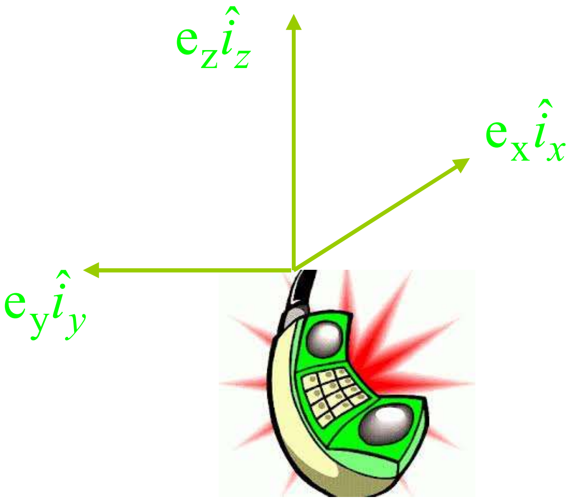
Il campo elettrico dipende dallo spazio e dal tempo

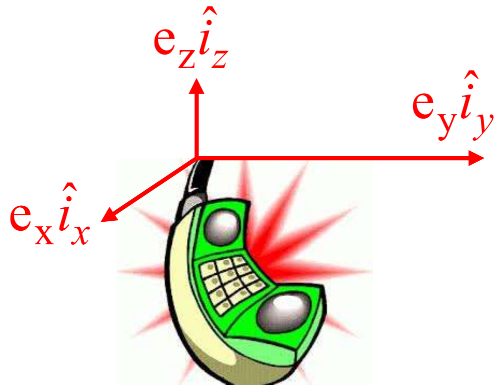
Riepilogo lezione precedente

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z$$

$$\boxed{t = t_1}$$



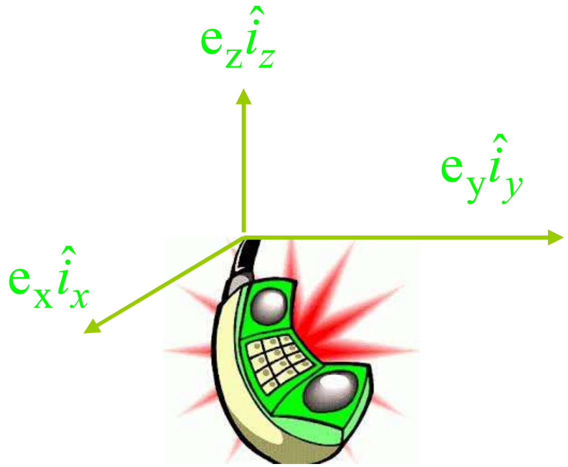


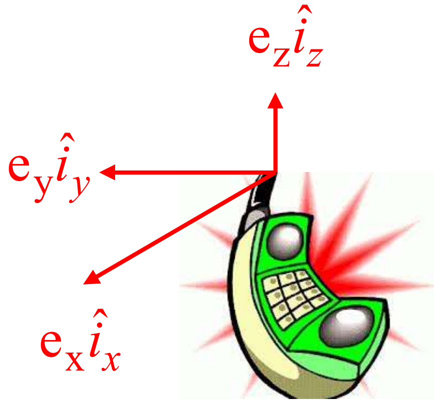
Riepilogo lezione precedente

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\,\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\,\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\,\hat{i}_z$$

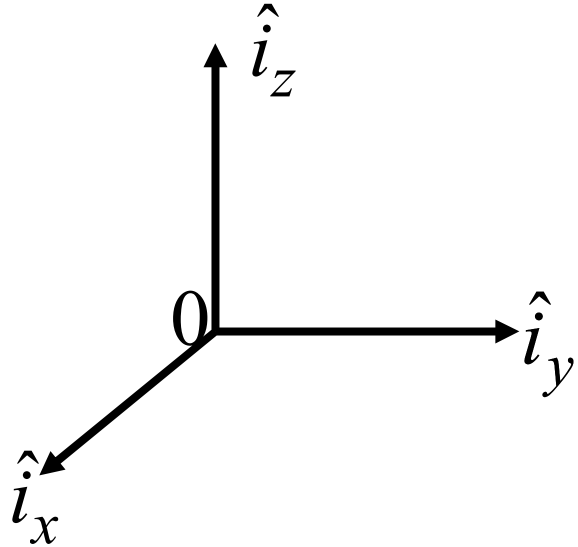
$$\boxed{t = t_2}$$





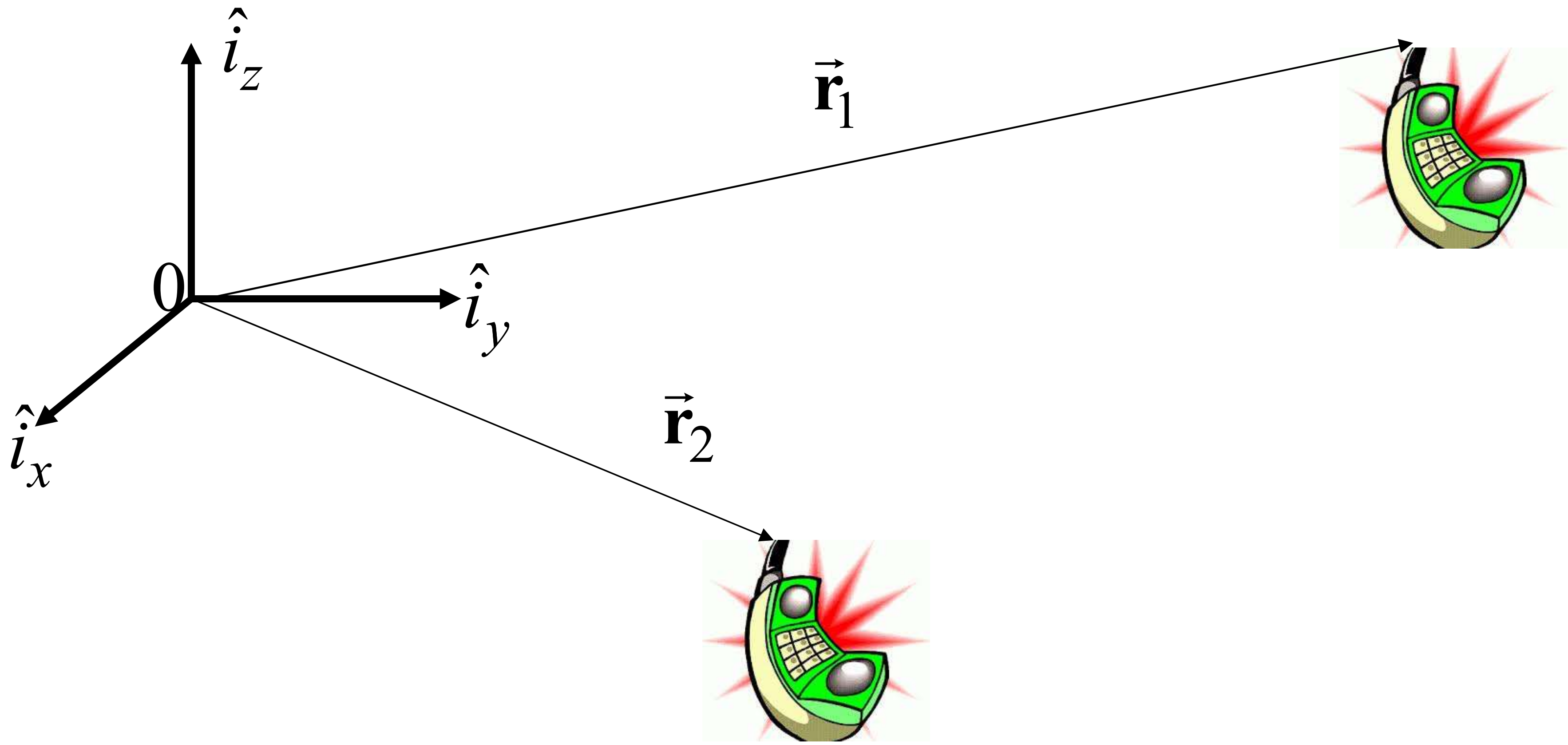
Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_z$$



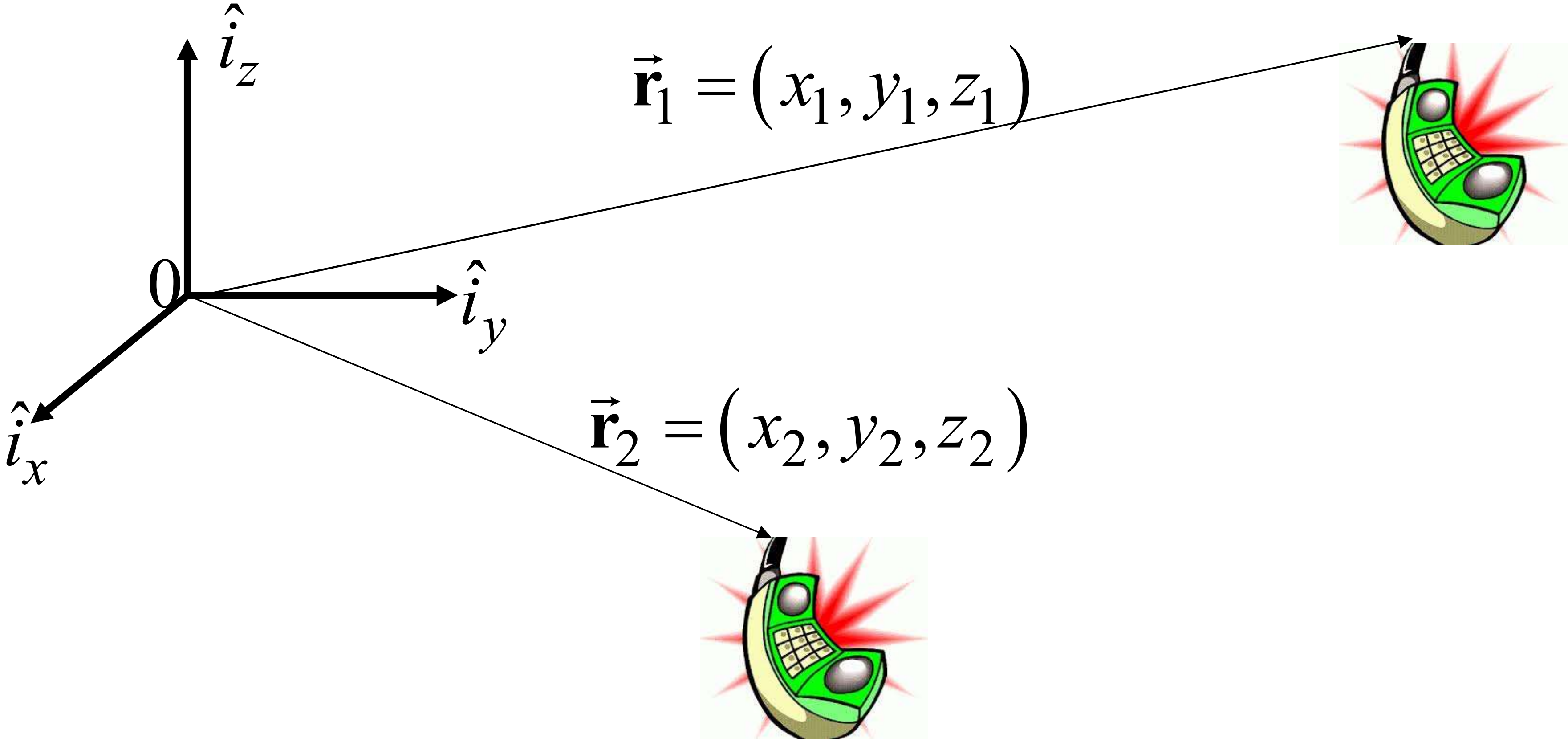
Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z$$



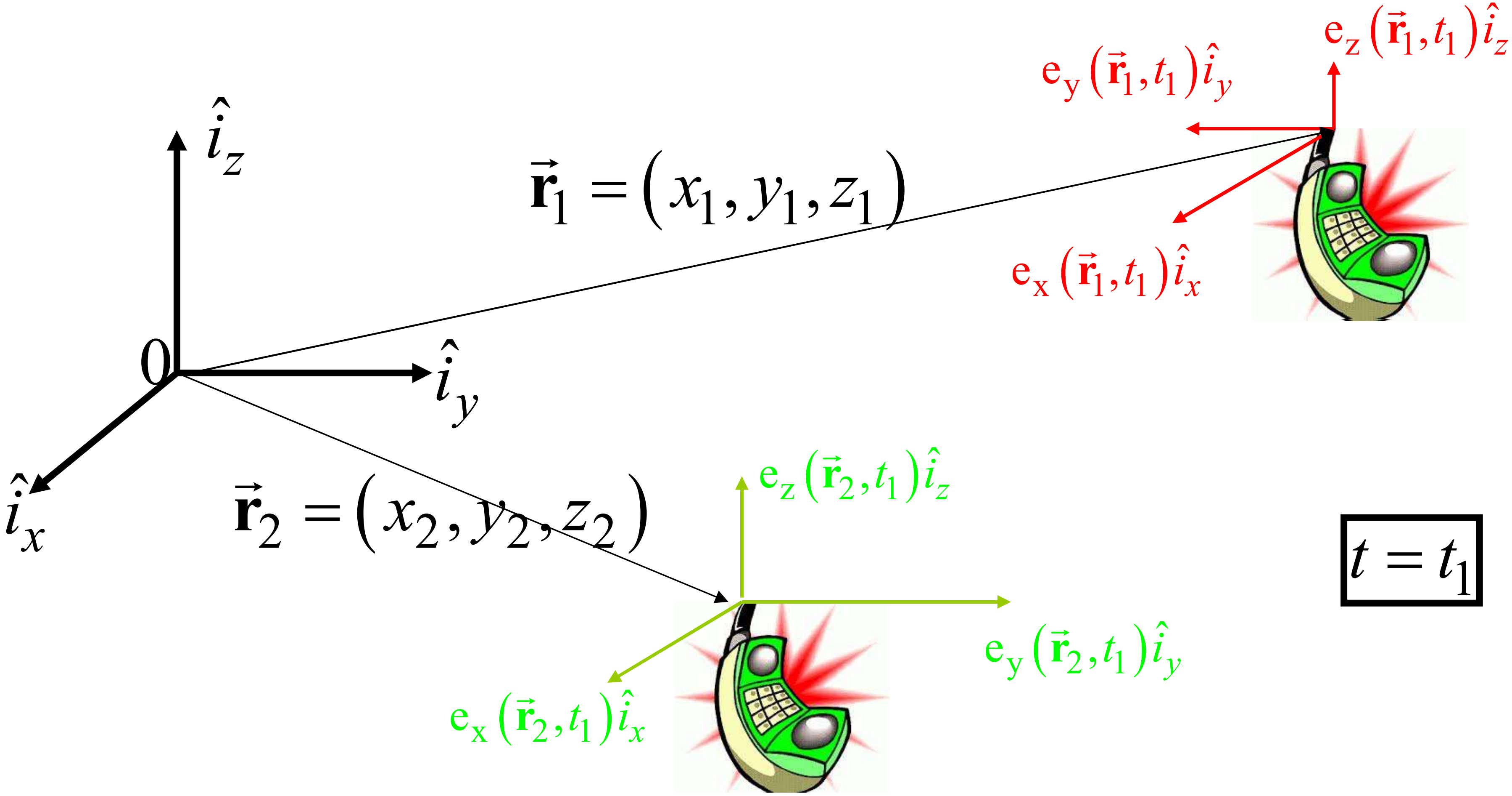
Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_z$$



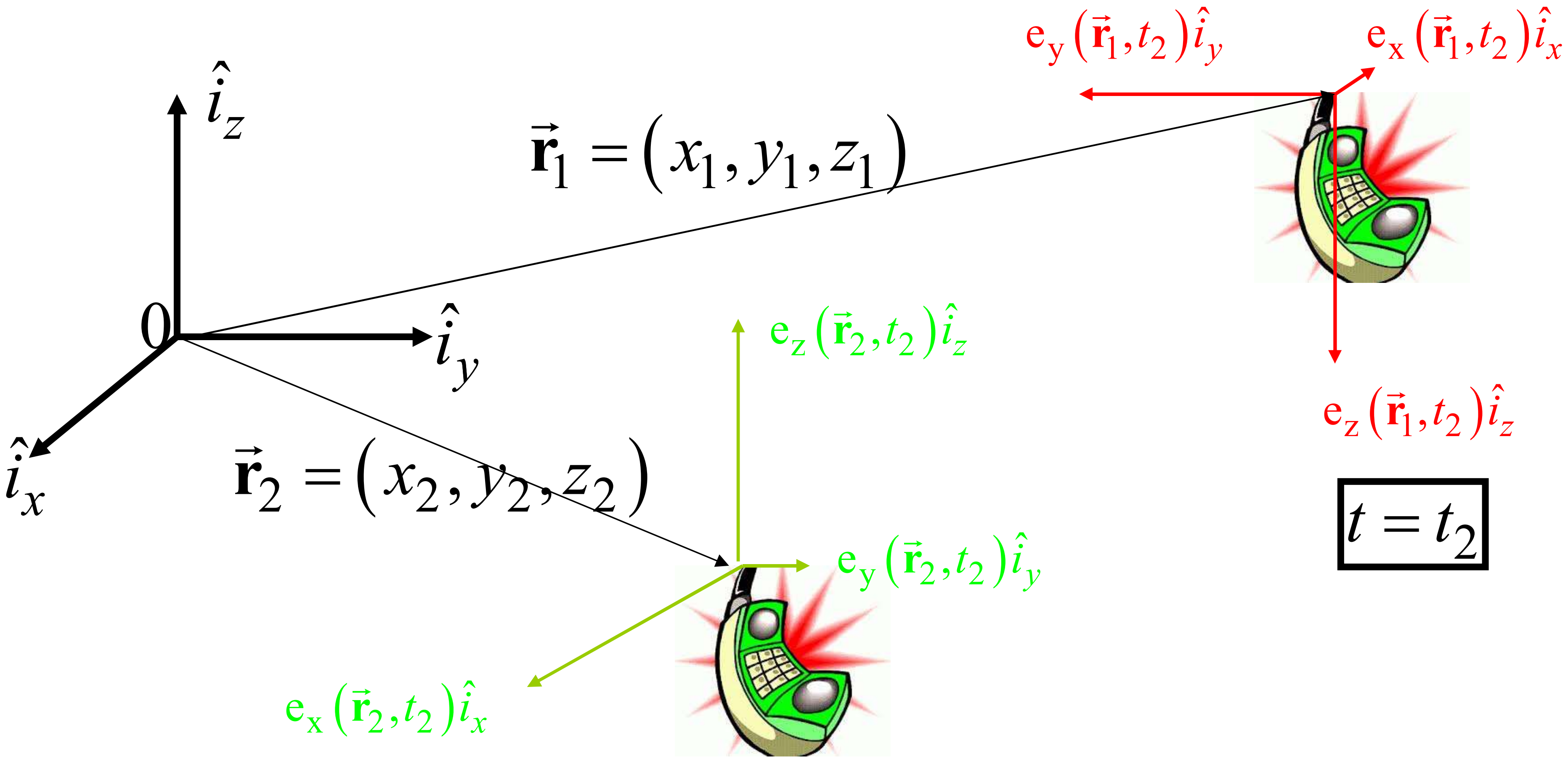
Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_z$$



Il campo elettrico dipende dallo spazio e dal tempo

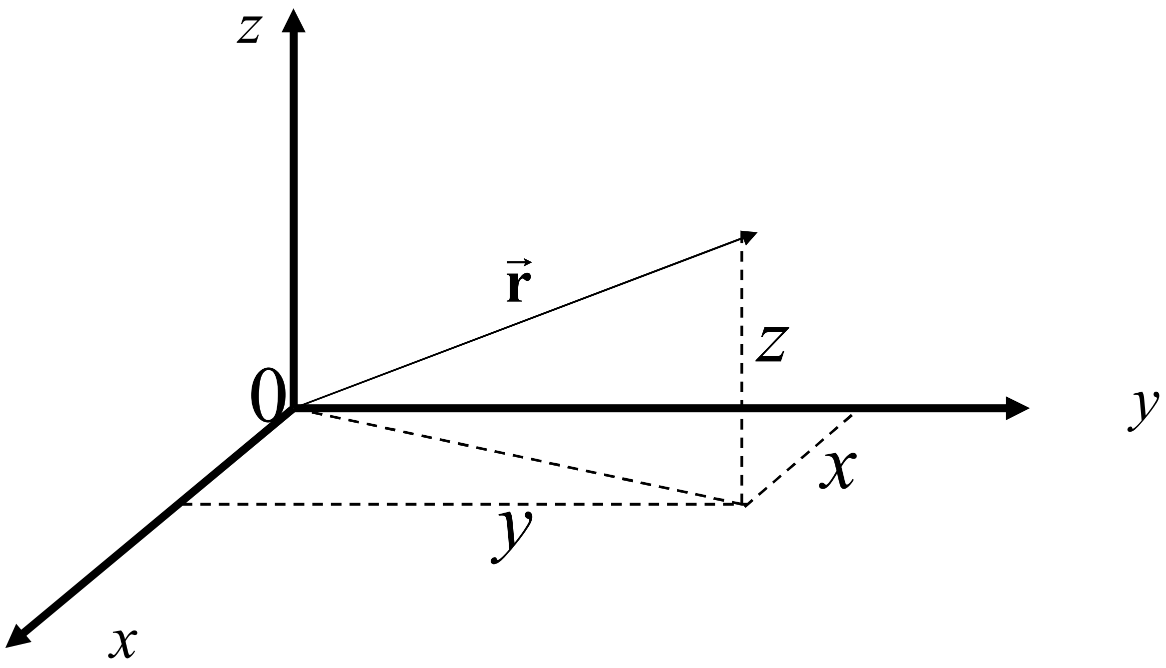
$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z$$



Il **<u>campo elettrico</u>** dipende dallo **<u>spazio</u>** e dal **<u>tempo</u>**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x, y, z\right)$$

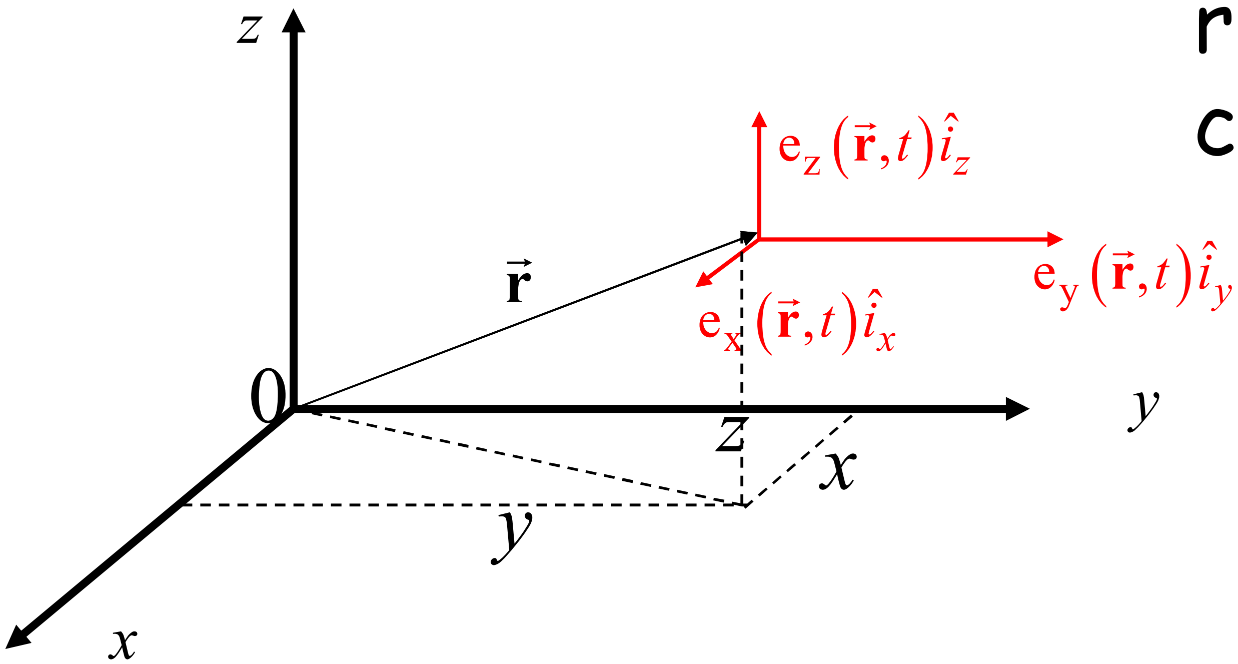


Sistema di riferimento cartesiano

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (x, y, z)$$



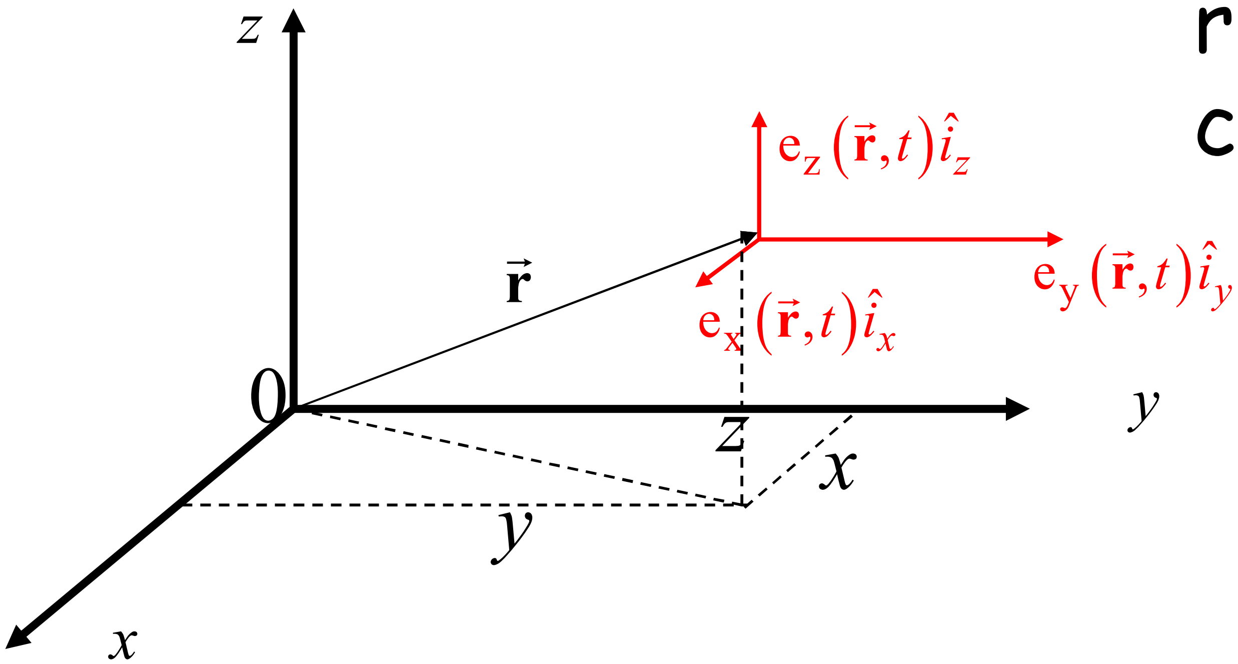
Sistema di riferimento cartesiano

Il <u>campo elettrico</u> dipende dallo <u>**spazio**</u> e dal <u>**tempo**</u>

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(x,y,z,t)$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (x,y,z)$$

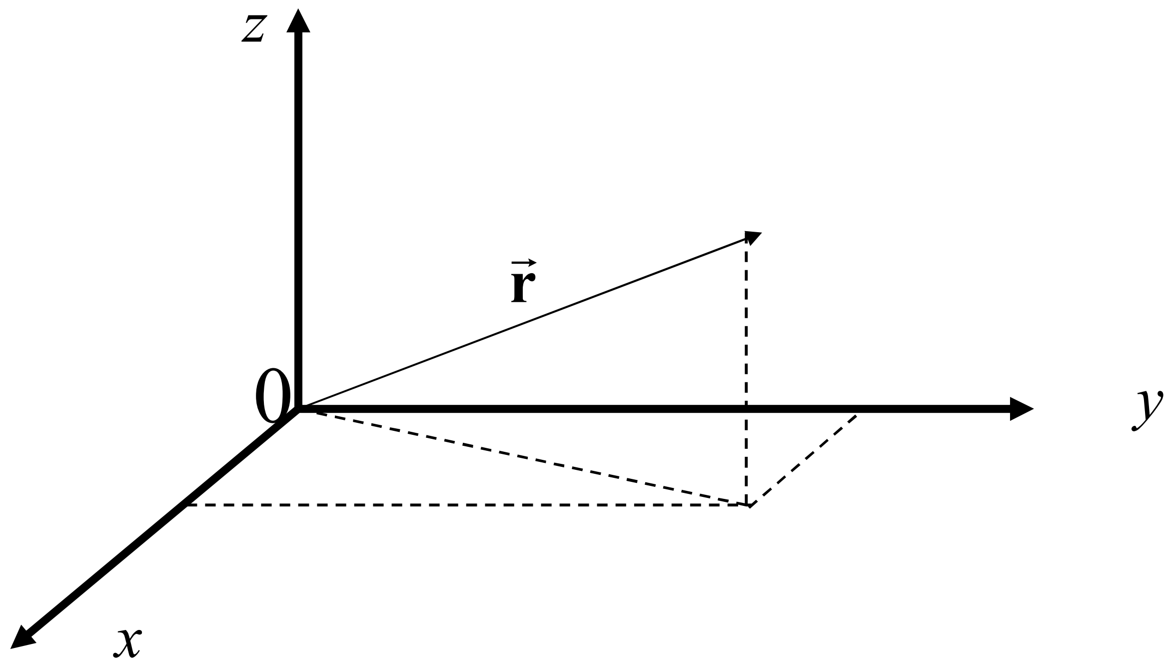


Sistema di riferimento cartesiano

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x,y,z\right)$$

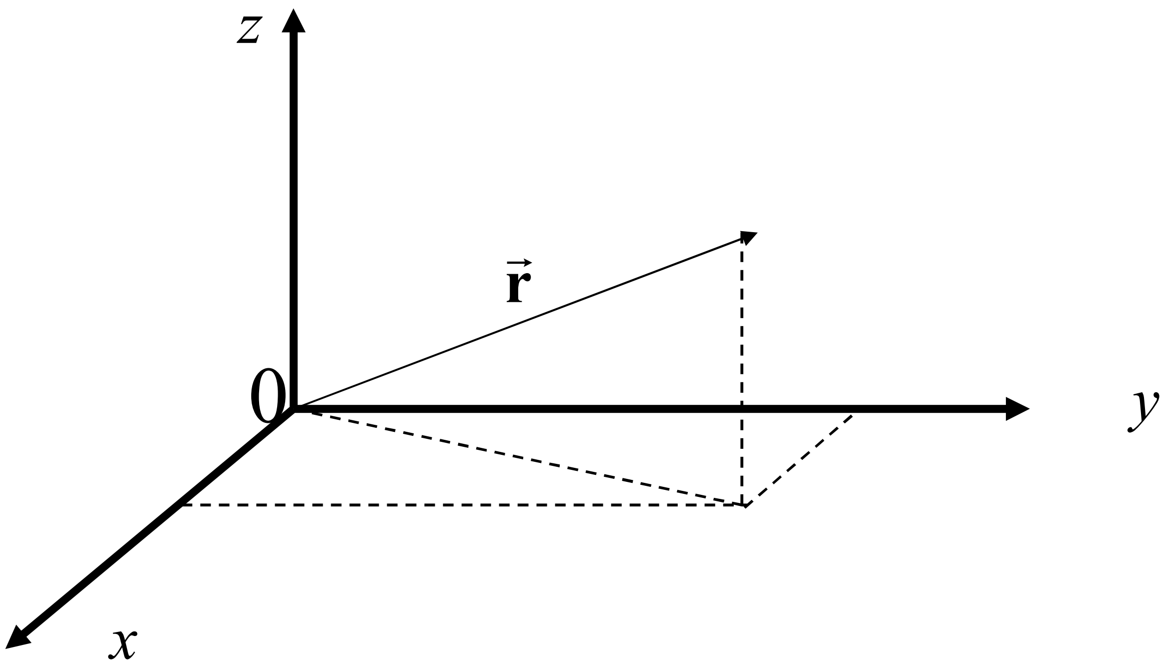


Sistema di riferimento sferico

Il <u>**campo elettrico**</u> dipende dallo <u>**spazio**</u> e dal <u>**tempo**</u>

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \cancel{\vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z}$$

$$\cancel{\vec{\mathbf{r}} = (x, y, z)}$$

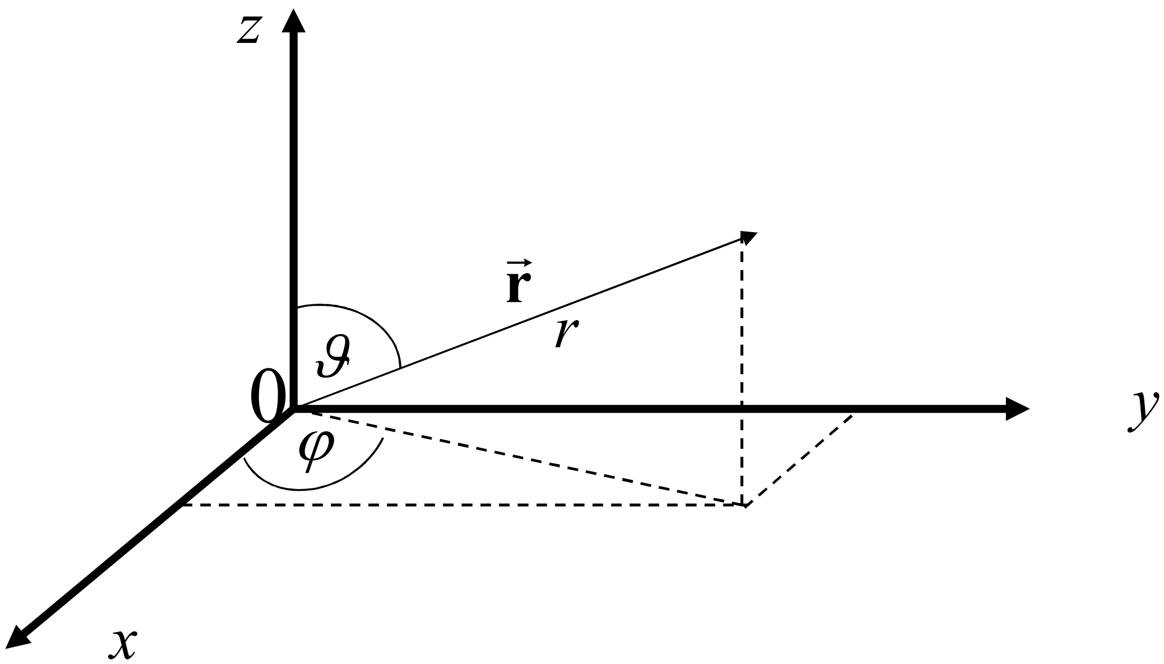


Sistema di riferimento sferico

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \cancel{\vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_z}$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (r, \vartheta, \varphi)$$

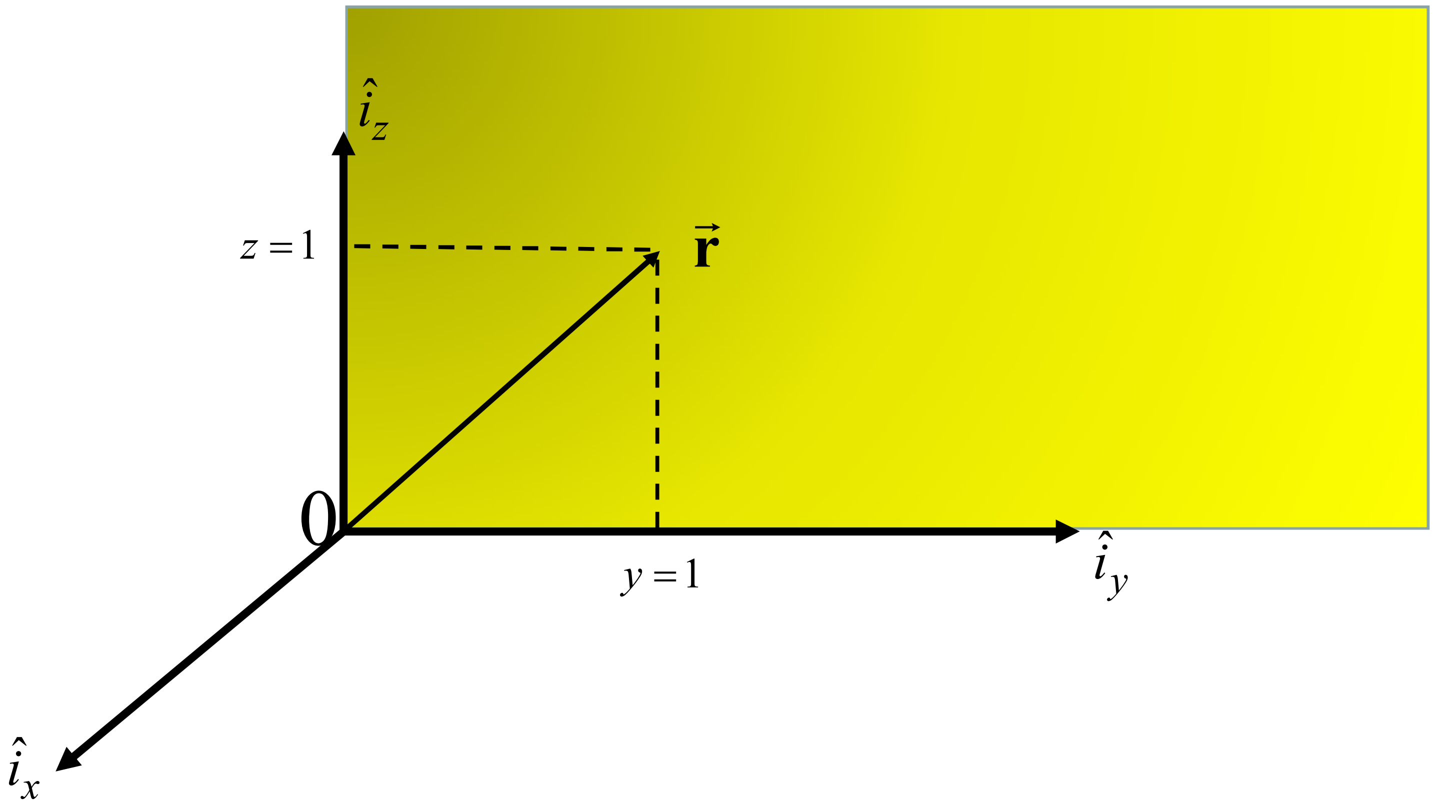


Sistema di riferimento sferico

Sistema di riferimento sferico

Esercizio 1

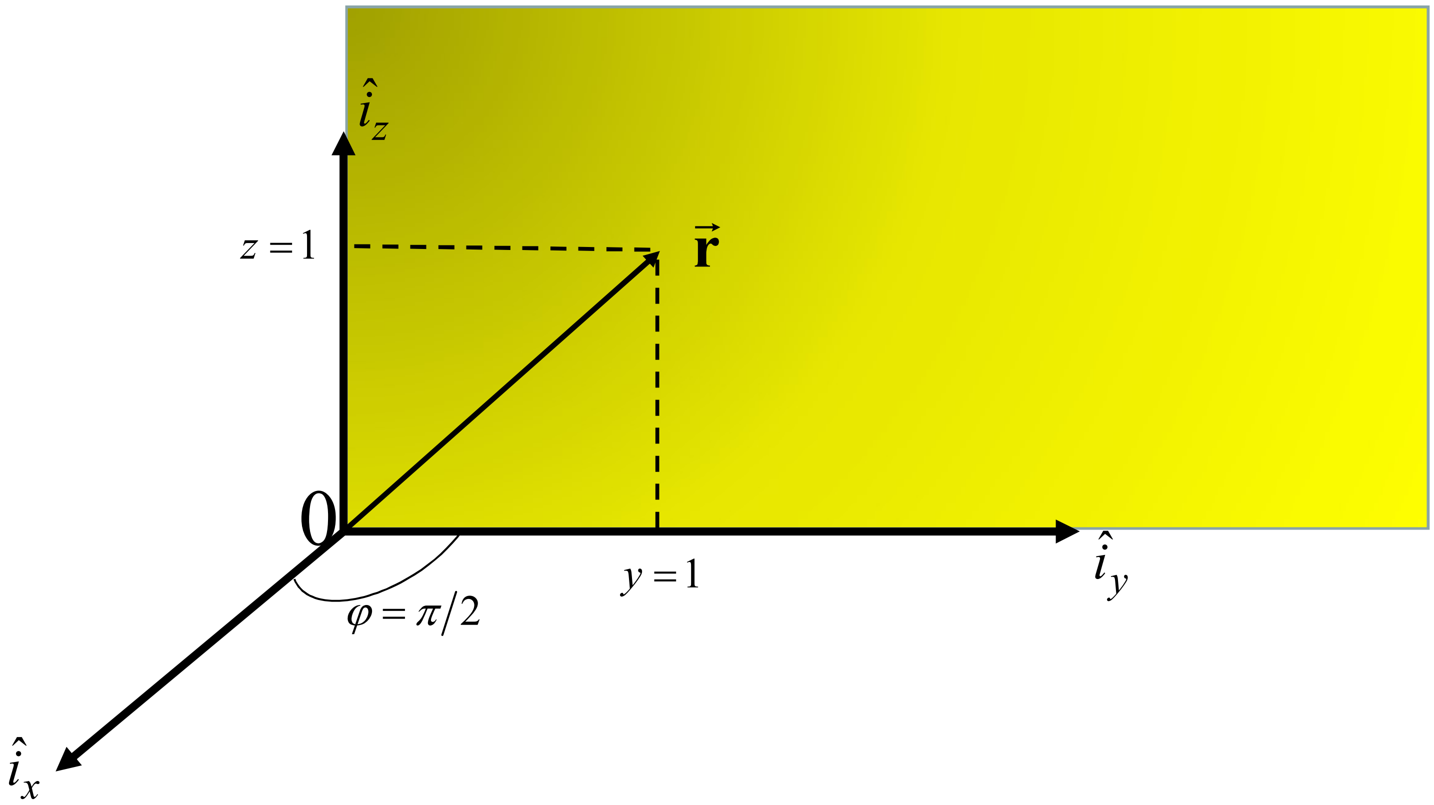
$$\vec{\mathbf{r}} = (x = 0, y = 1, z = 1)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 1

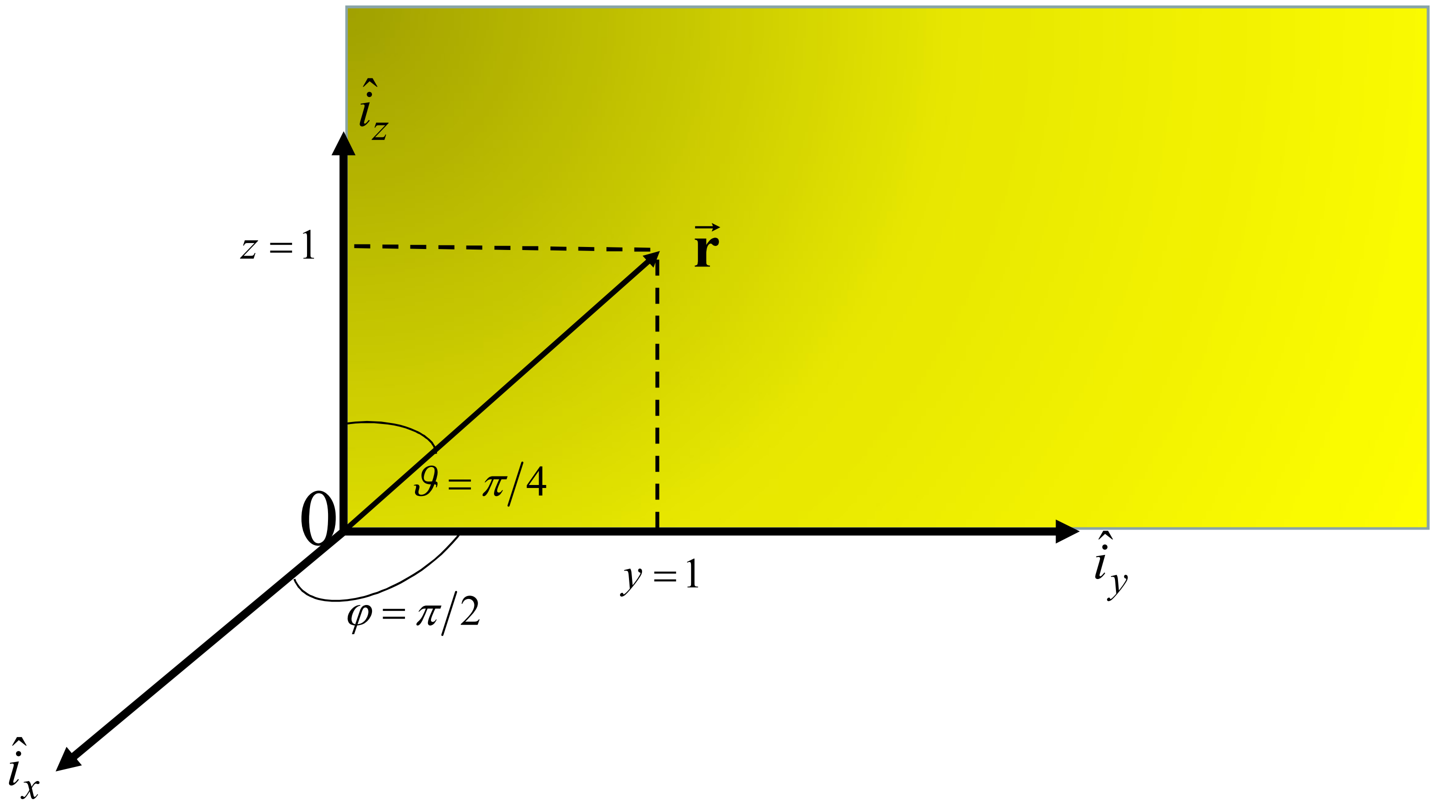
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 0, y = 1, z = 1\right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 1

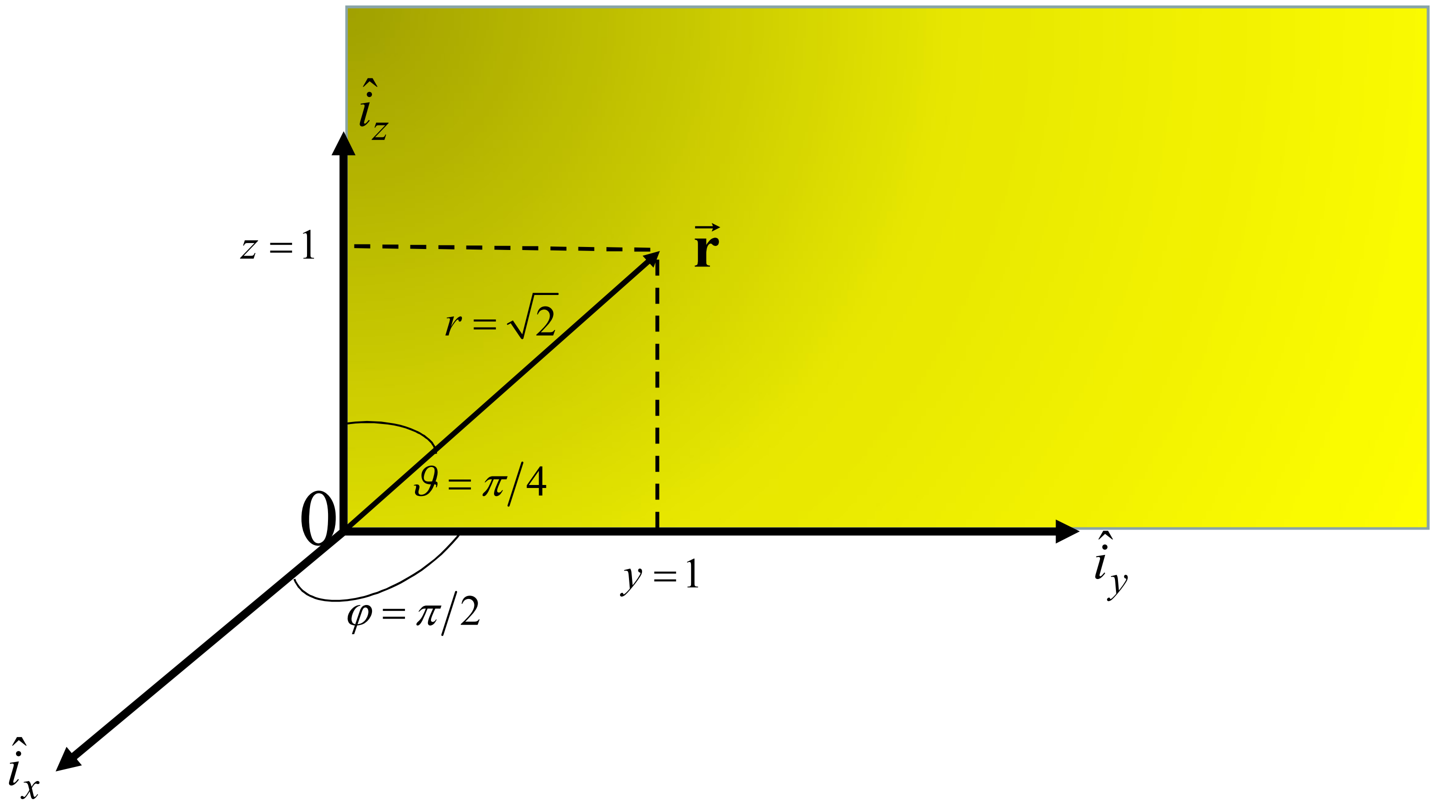
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 0, y = 1, z = 1\right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 1

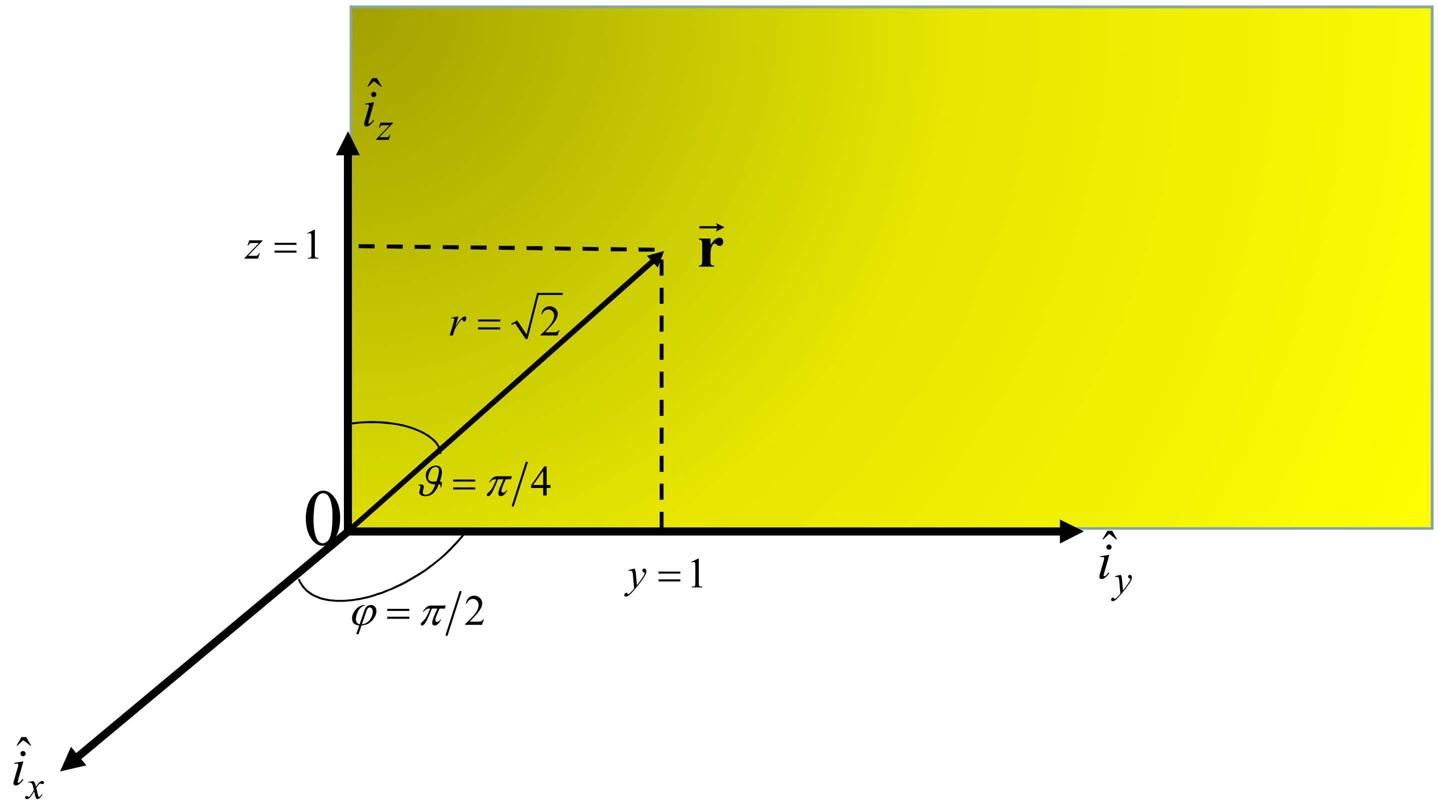
$$\vec{\mathbf{r}} = (x = 0, y = 1, z = 1)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 1

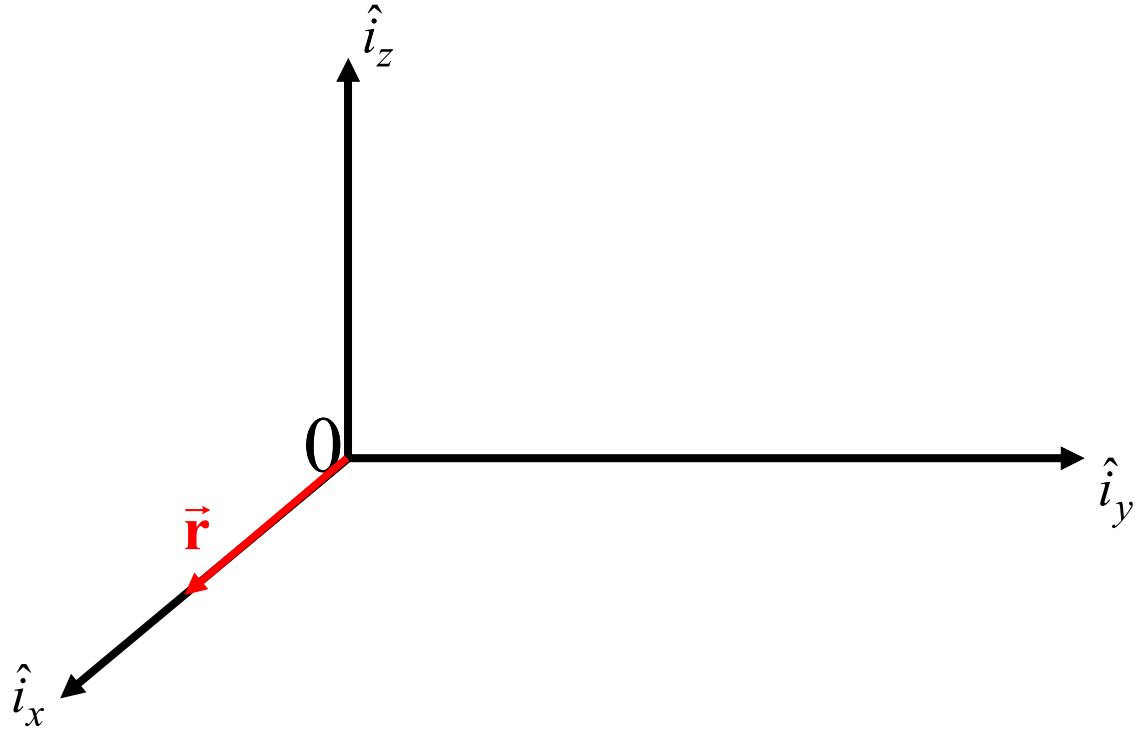
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 0, y = 1, z = 1\right)$$
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(r = \sqrt{2}, \vartheta = \pi/4, \varphi = \pi/2\right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

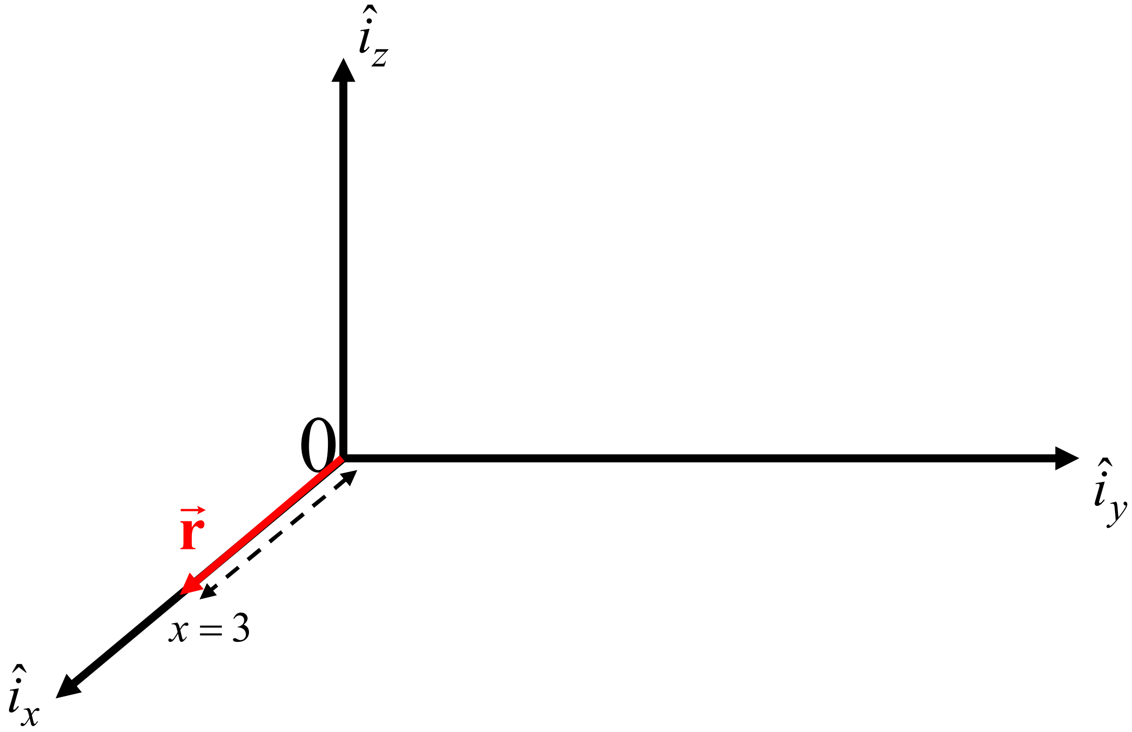
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 3, y = 0, z = 0 \right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

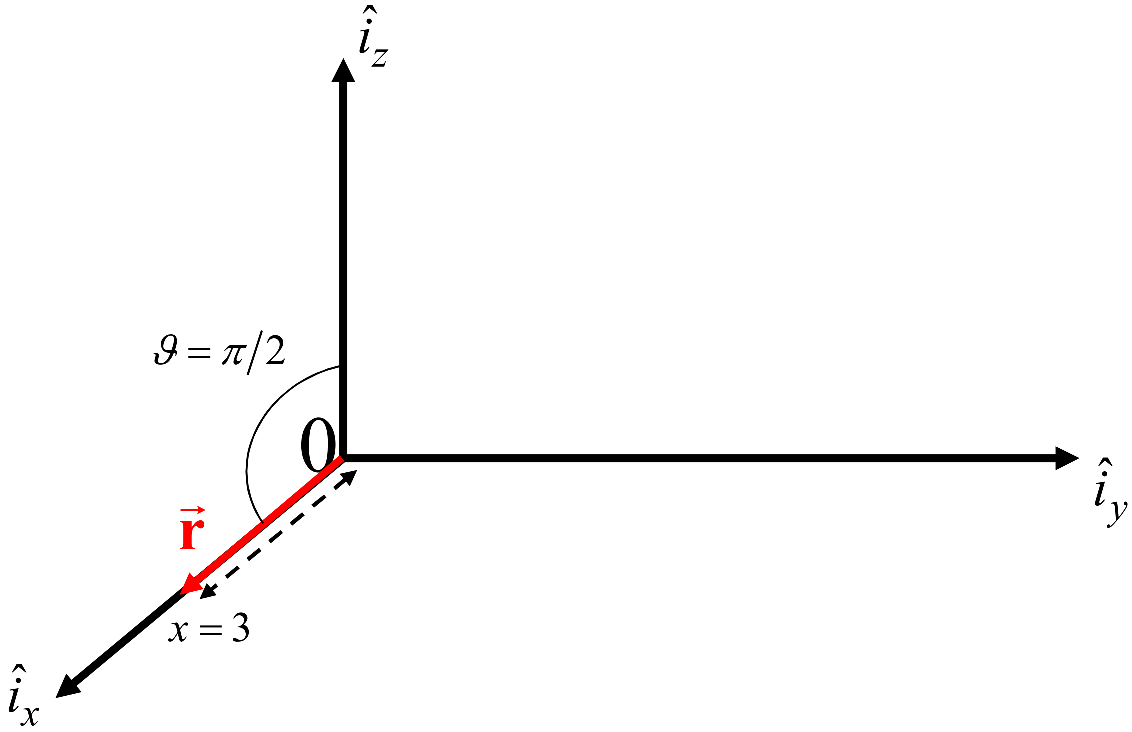
$$\vec{\mathbf{r}} = (x = 3, y = 0, z = 0)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

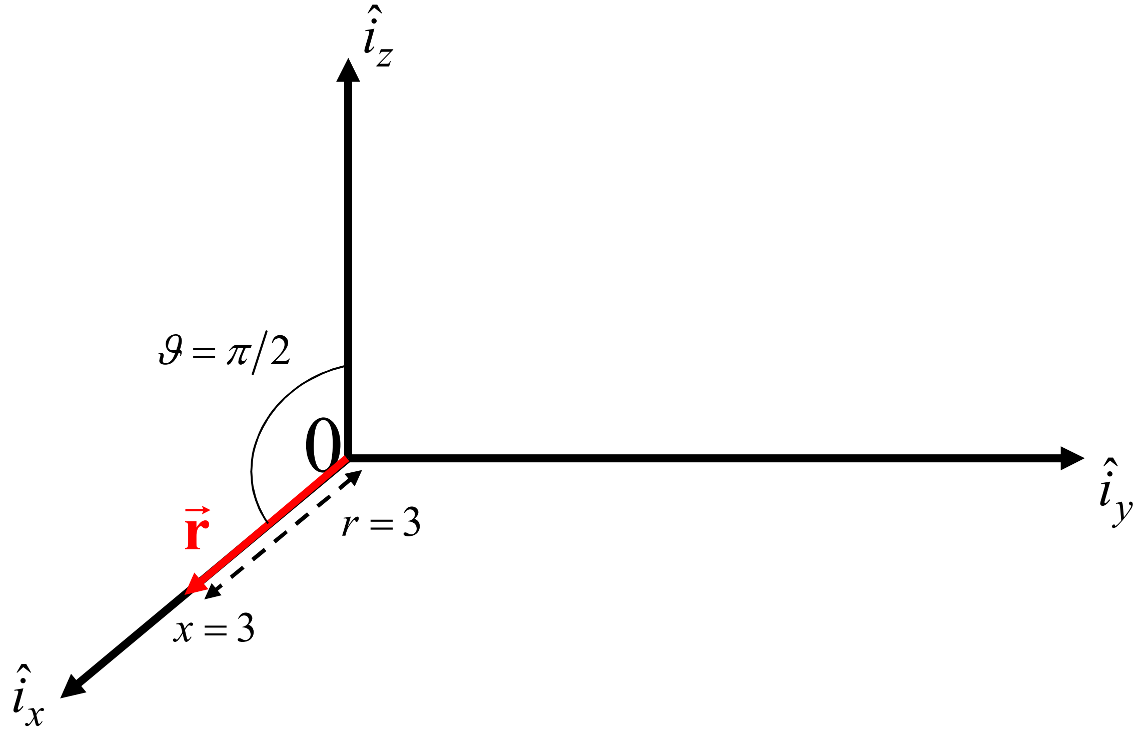
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 3, y = 0, z = 0\right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

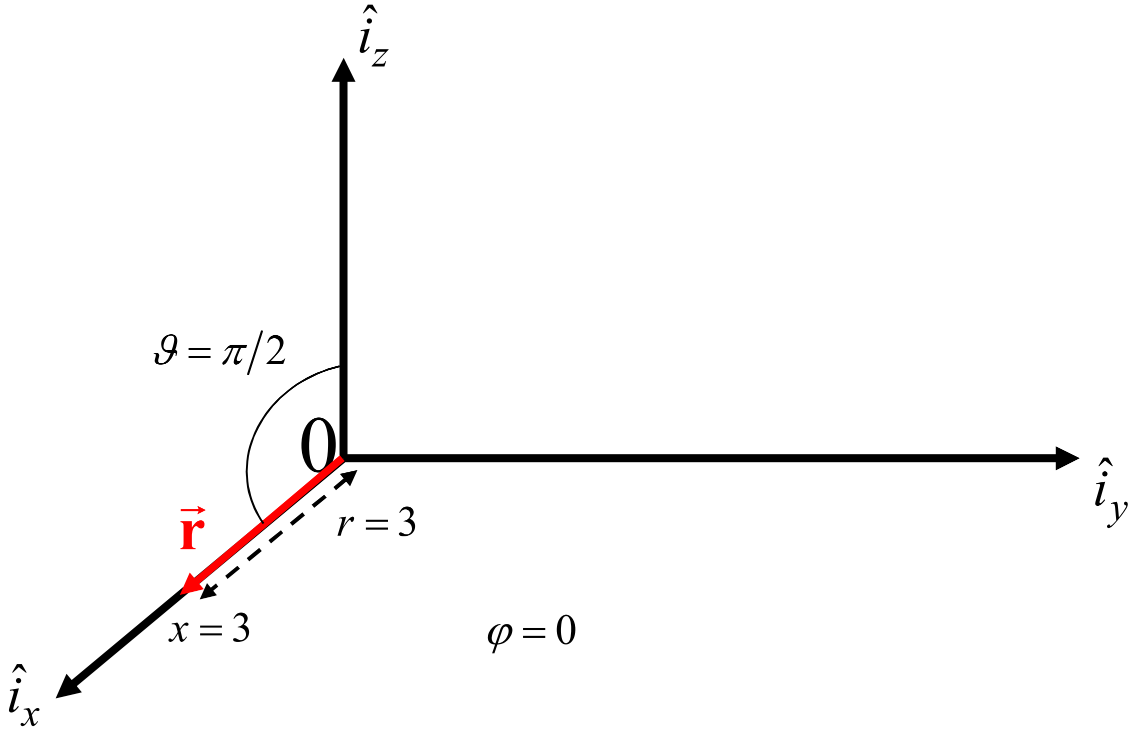
$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 3, y = 0, z = 0\right)$$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

$$\vec{\mathbf{r}} = \left(x = 3, y = 0, z = 0 \right)$$

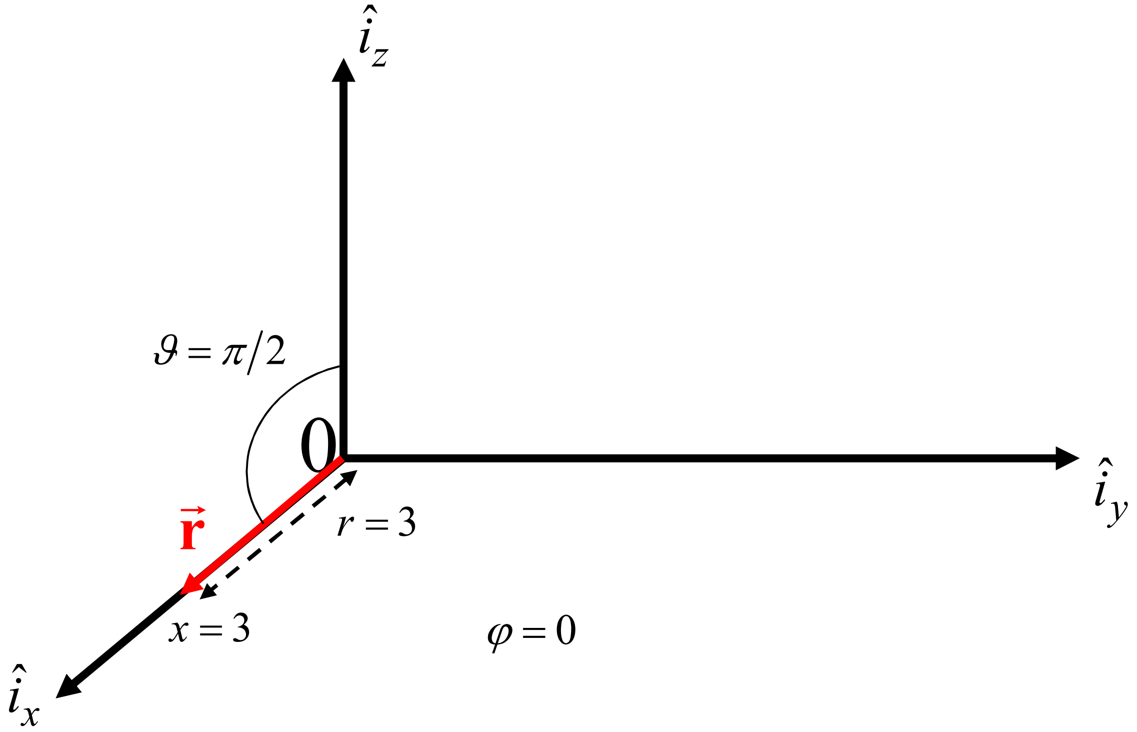


Sistema di riferimento sferico

Esercizio 2

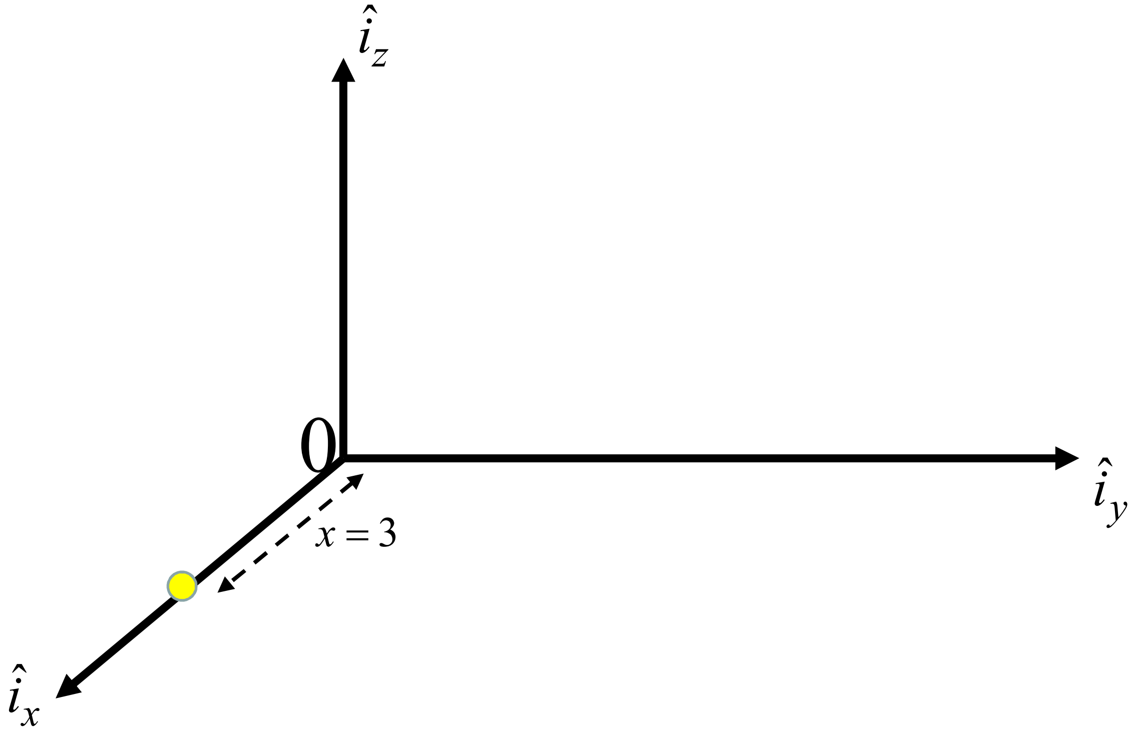
$$\vec{\mathbf{r}} = (x = 3, y = 0, z = 0)$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (r = 3, \vartheta = \pi/2, \varphi = 0)$$



Sistema di riferimento sferico

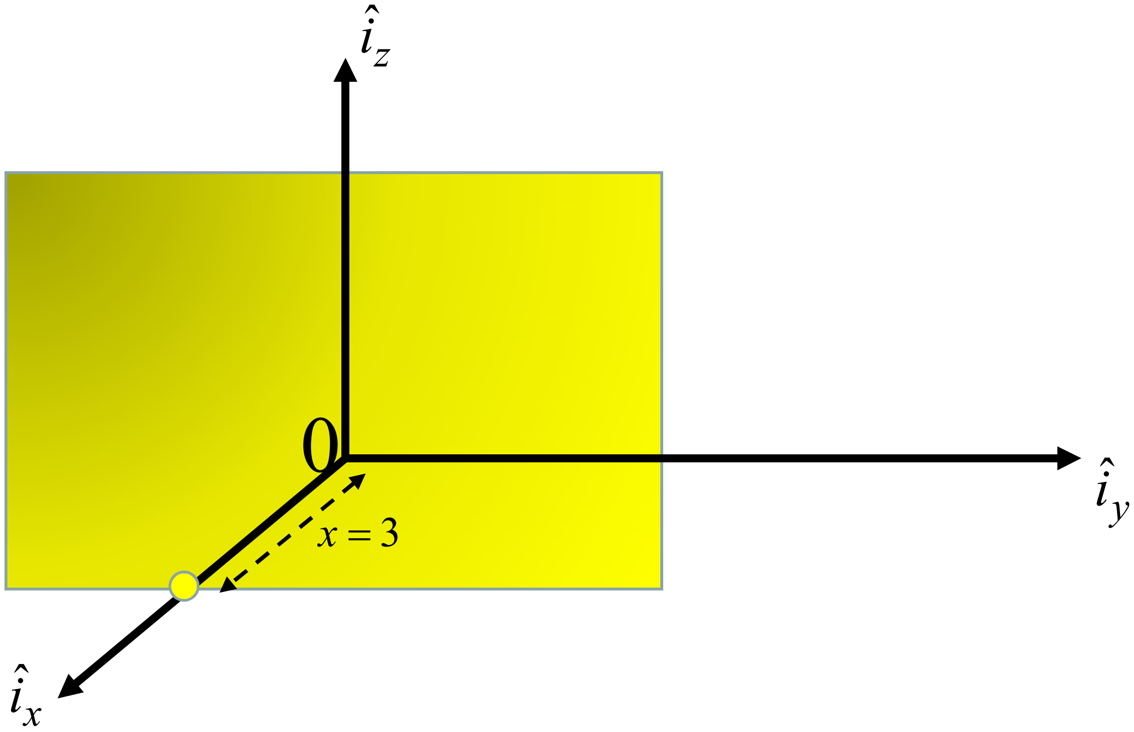
Esercizio 3 $x = 3$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 3 $x = 3$

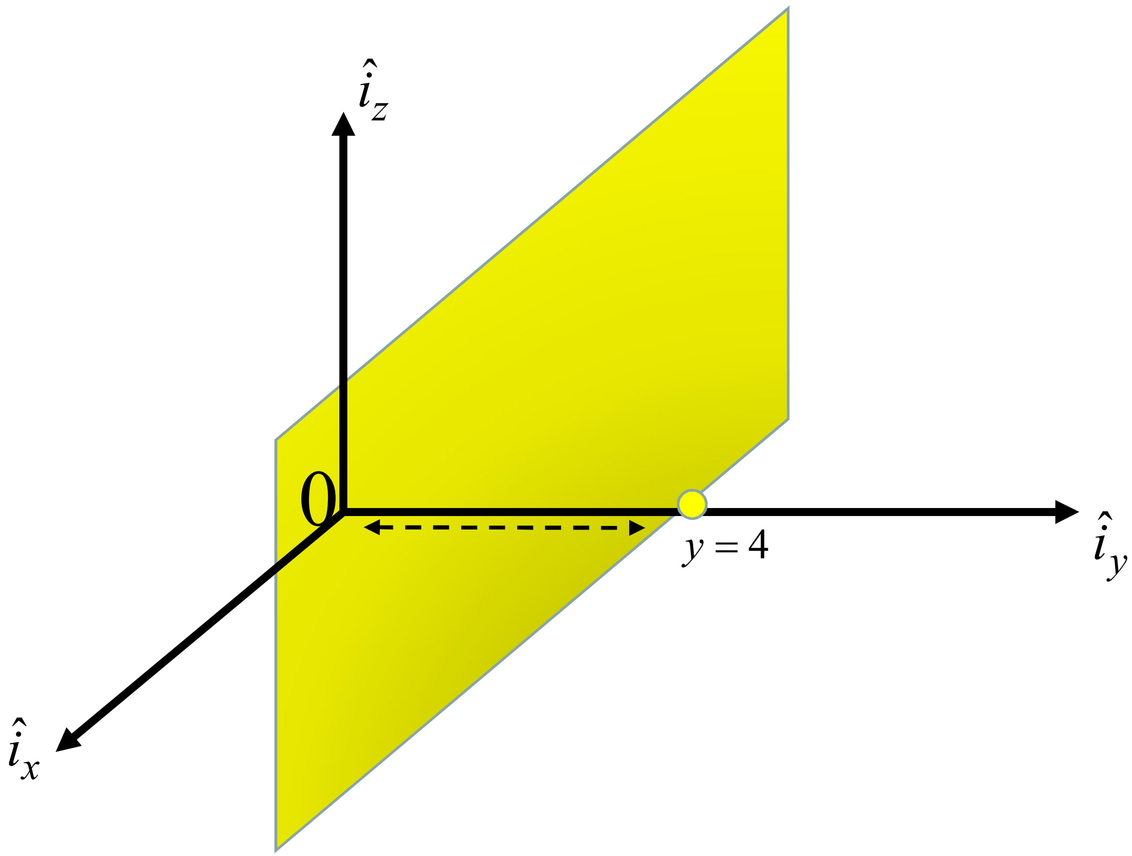
... definisce un piano



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 3 $y = 4$

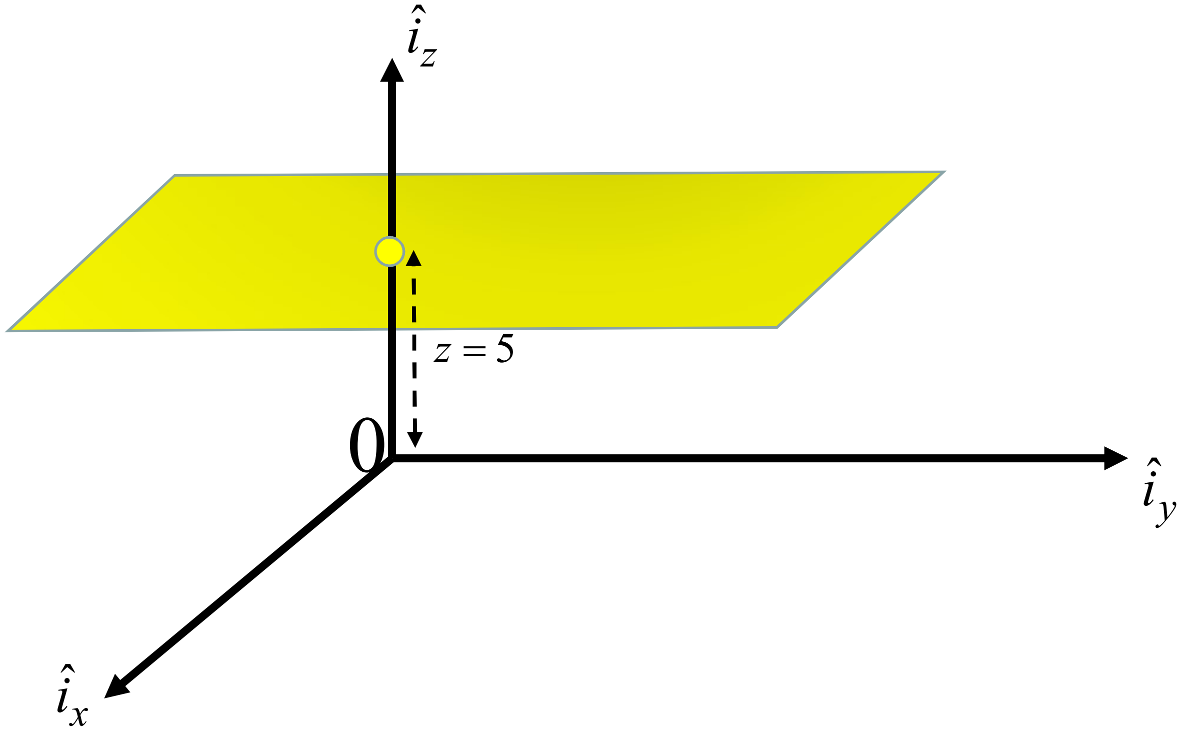
… definisce un piano



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 4 $\qquad z = 5$

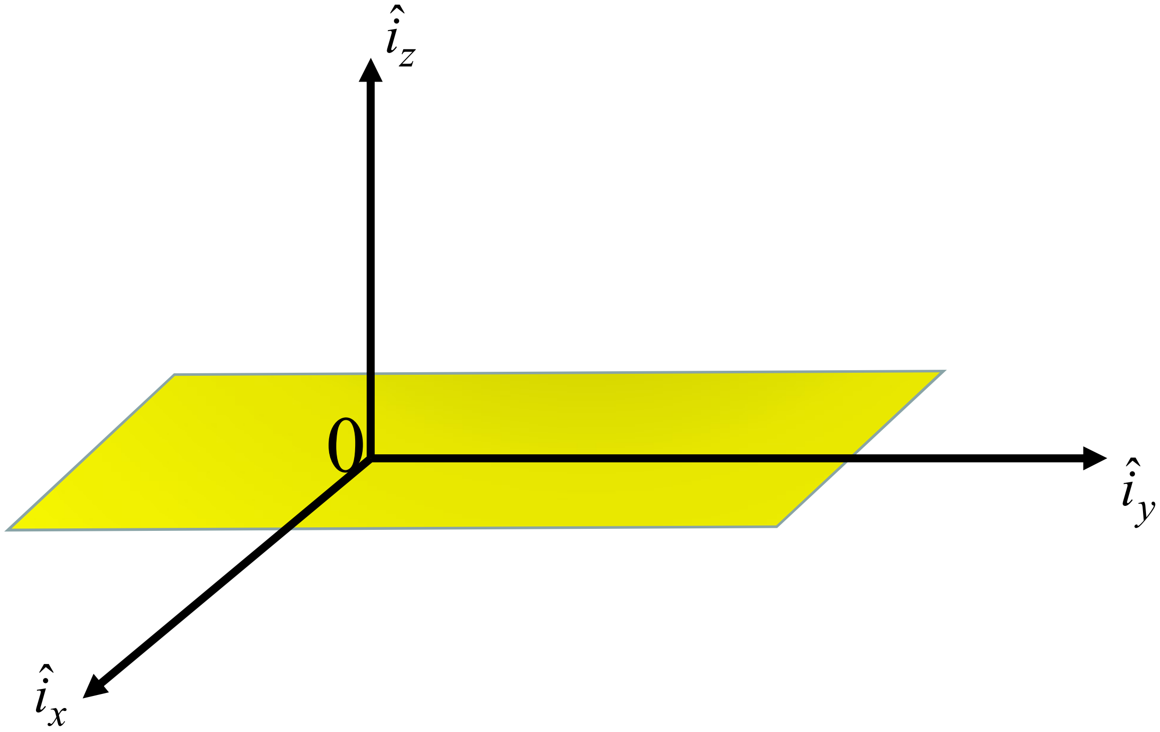
… definisce un piano



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 5

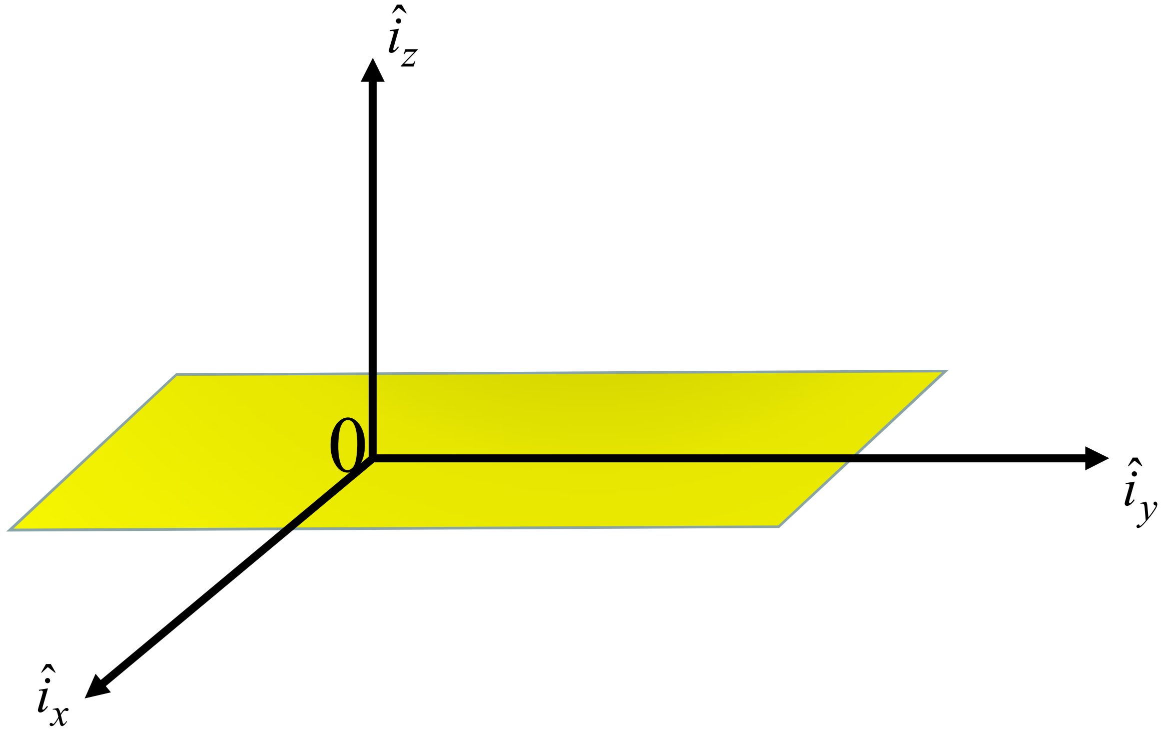
Piano xy ?



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 5

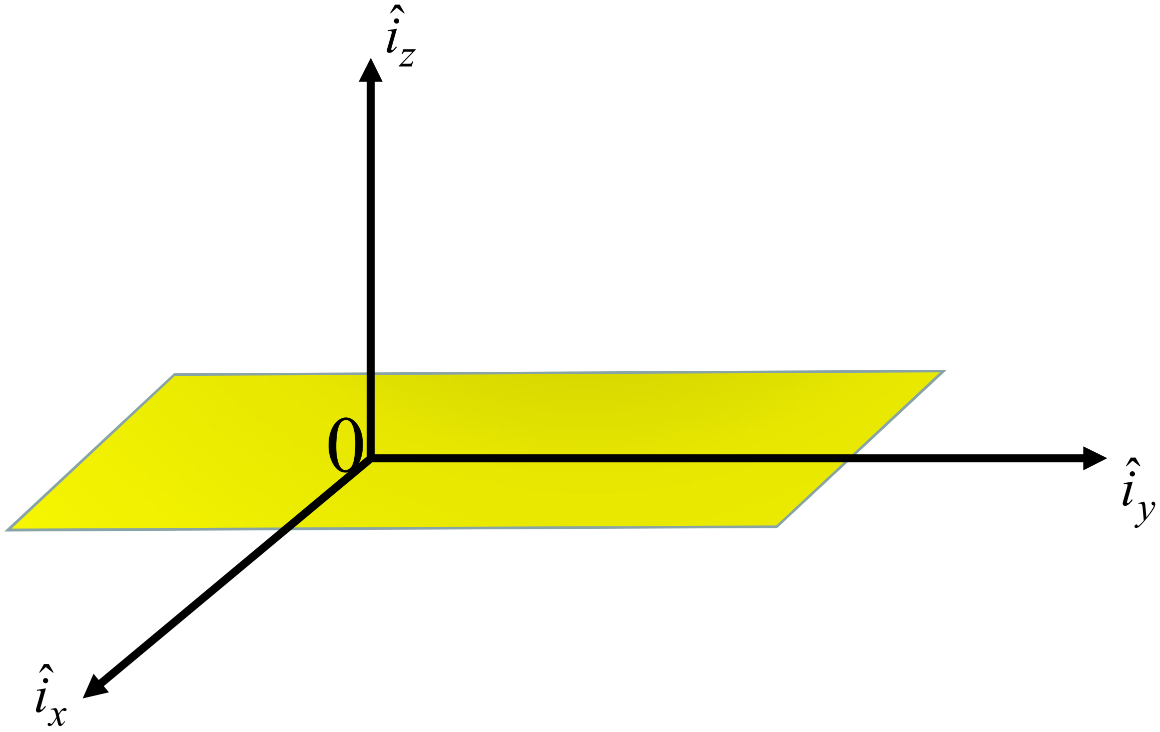
Piano xy ? $z = 0$



Sistema di riferimento sferico

Esercizio 5

Piano xy ? $z = 0$ in coordinate cartesiane

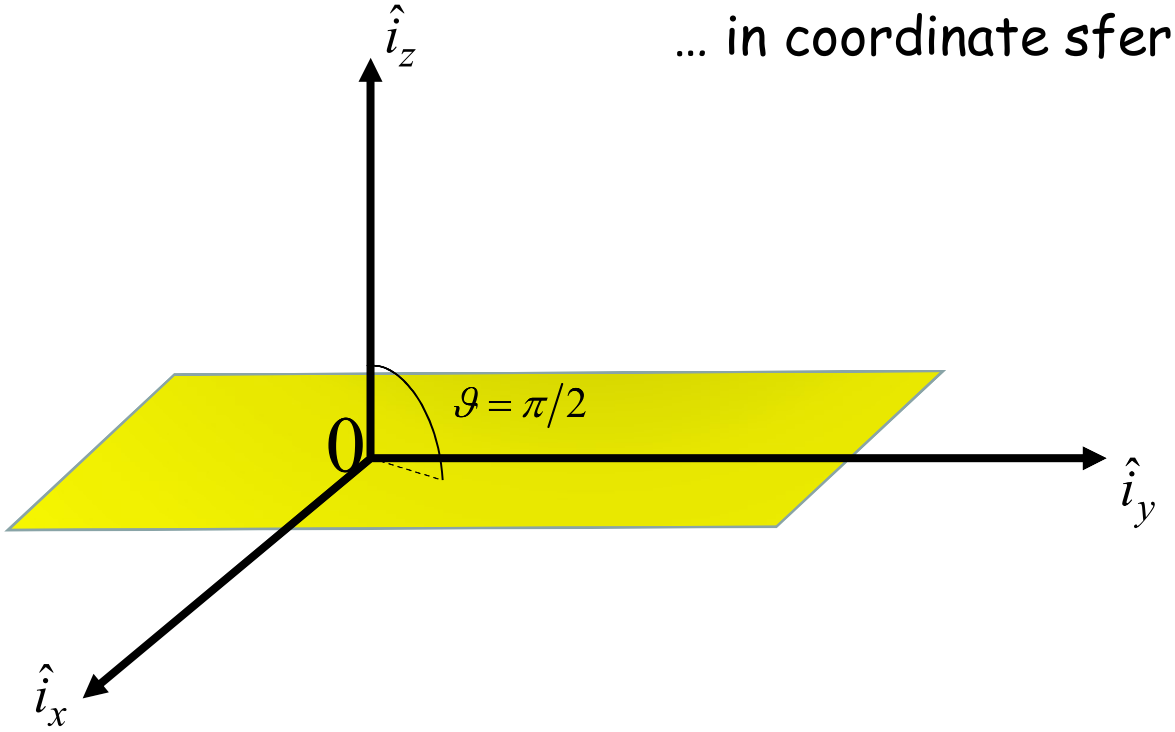


Sistema di riferimento sferico

Esercizio 5

Piano xy ? $z = 0$ in coordinate cartesiane

… in coordinate sferiche $\vartheta = \pi/2$

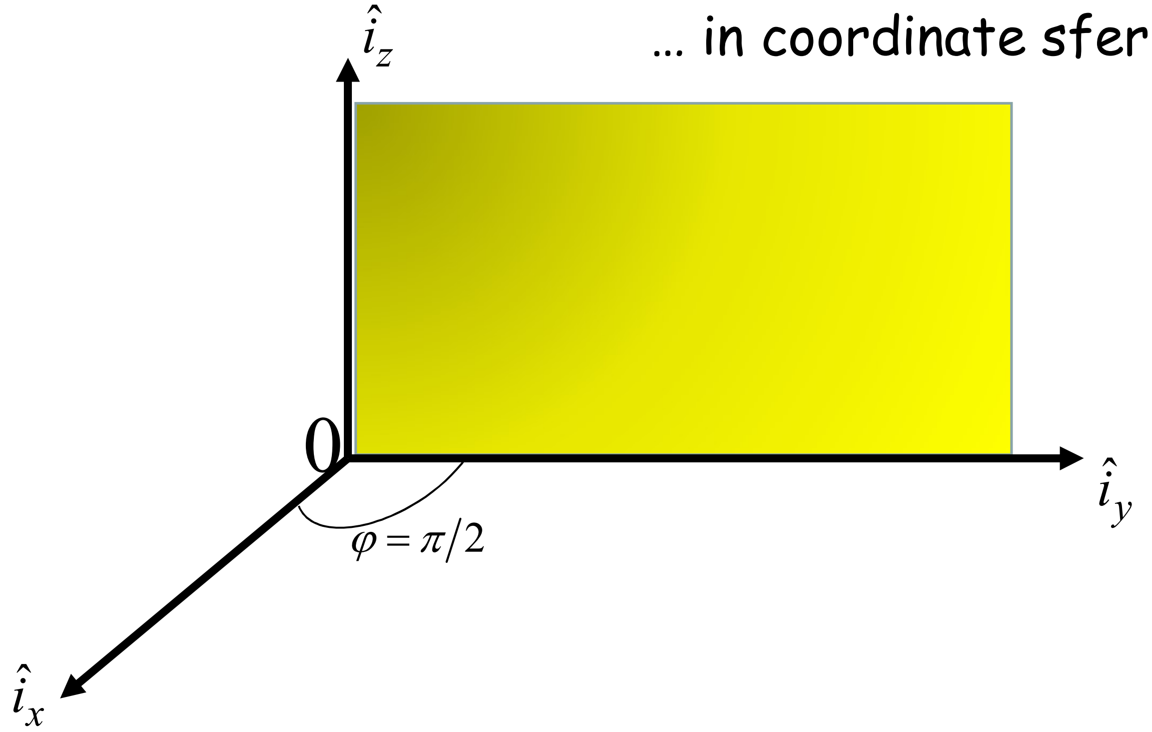


Sistema di riferimento sferico

Esercizio 6

Piano zy ? $x = 0$ in coordinate cartesiane

… in coordinate sferiche $\varphi = \pi/2$

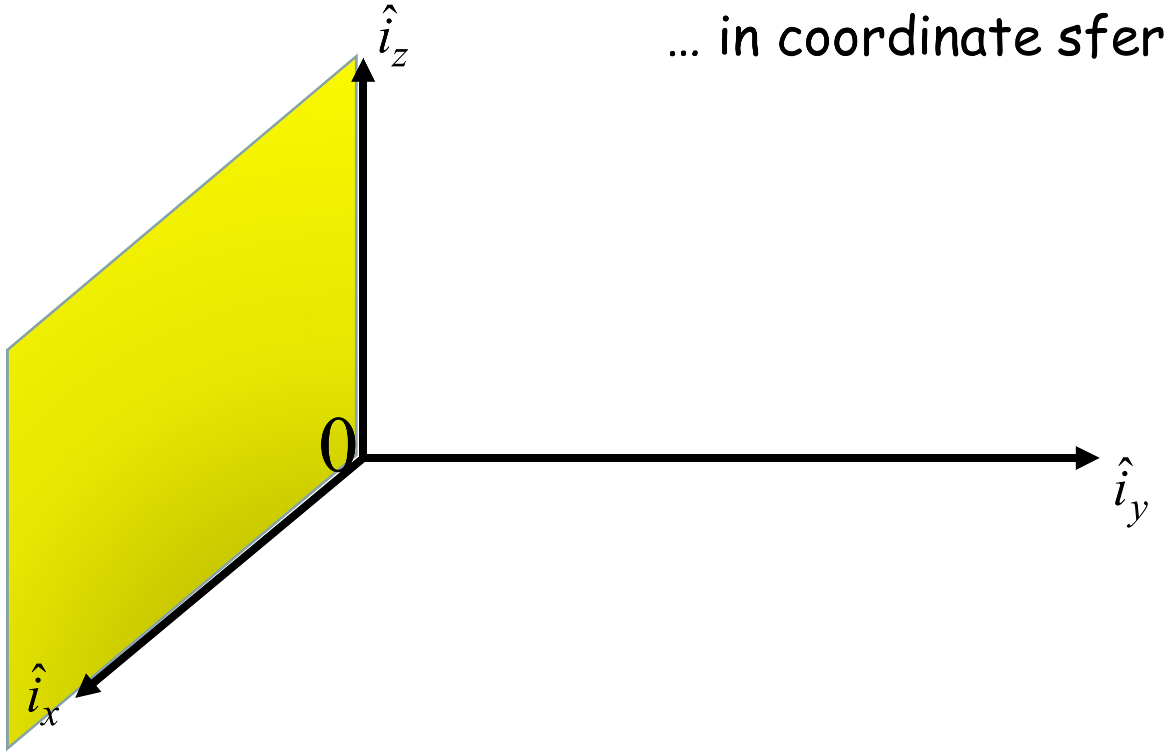


Sistema di riferimento sferico

Esercizio 7

Piano xz ? $y = 0$ in coordinate cartesiane

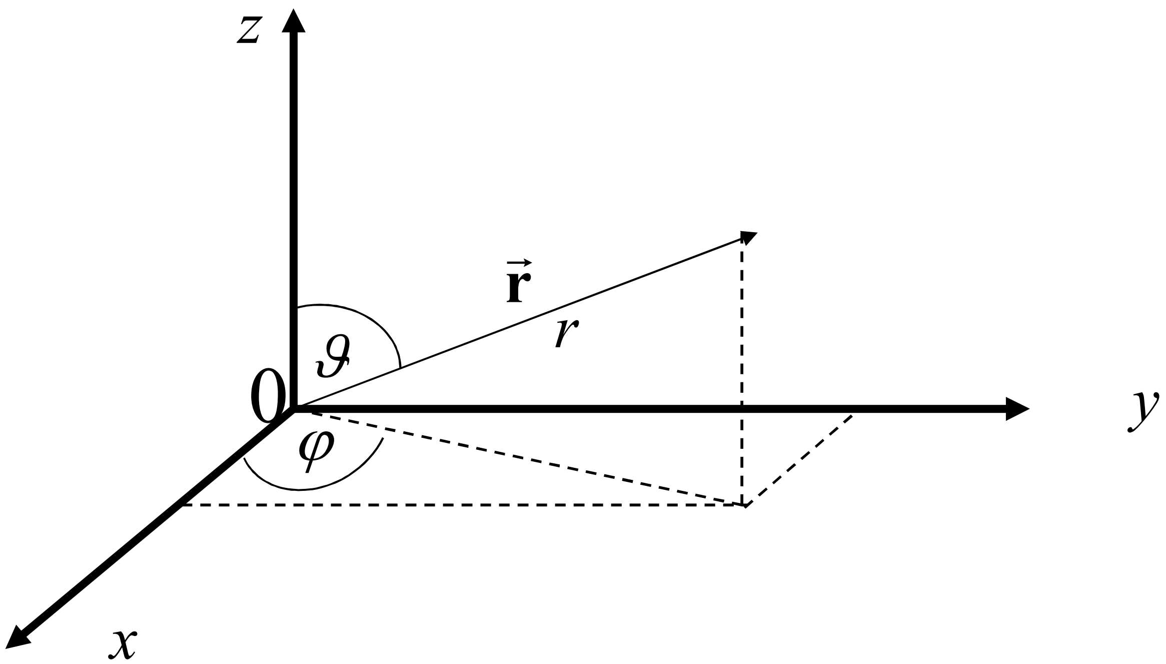
… in coordinate sferiche $\varphi = 0$



Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \cancel{\vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}}, t\right)\hat{i}_z}$$

$$\vec{\mathbf{r}} = \left(r, \vartheta, \varphi\right)$$

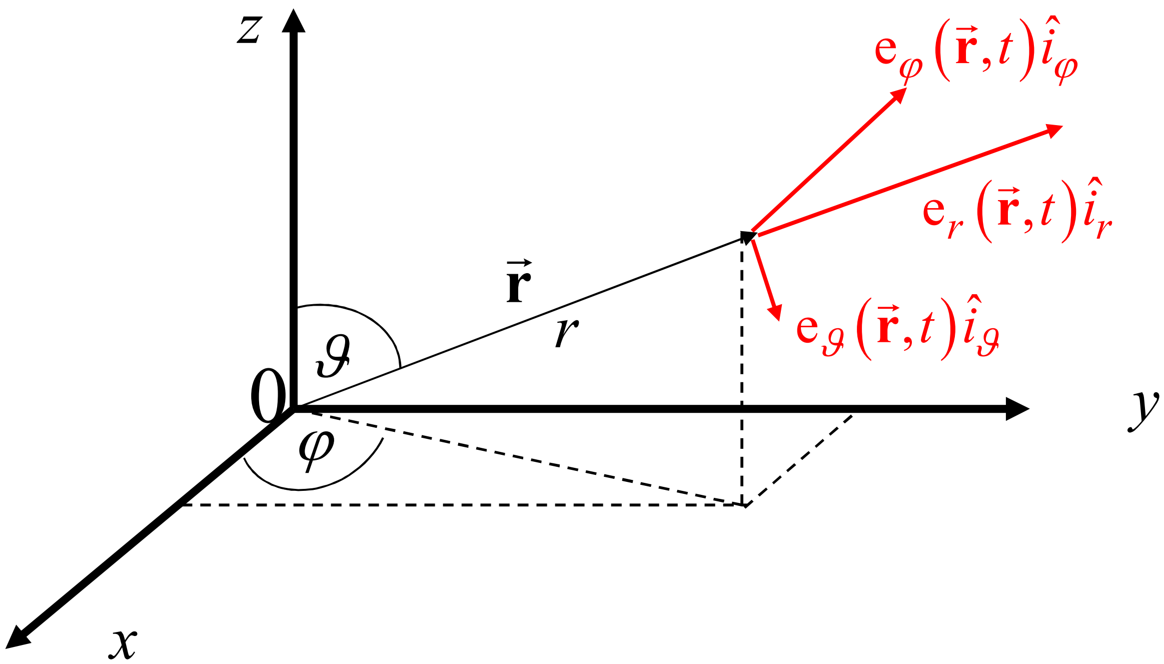


Sistema di riferimento sferico

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e}_r(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_r + \mathrm{e}_\vartheta(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_\vartheta + \mathrm{e}_\varphi(\vec{\mathbf{r}},t)\hat{i}_\varphi$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (r,\vartheta,\varphi)$$



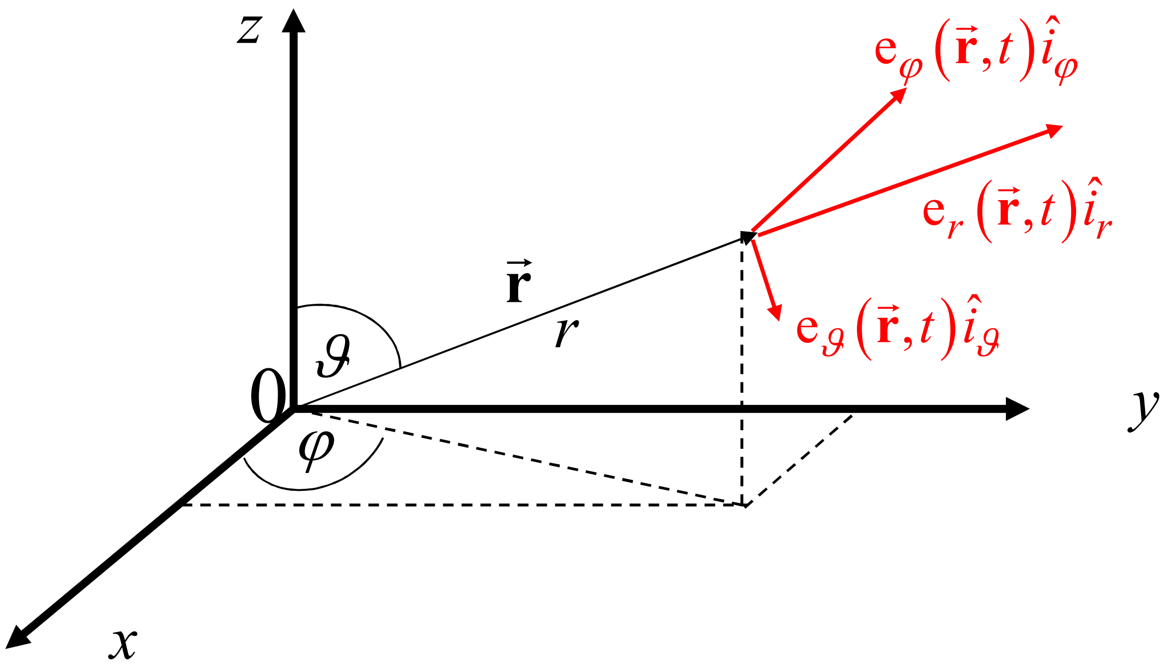
Sistema di riferimento sferico

Il <u>**campo elettrico**</u> dipende dallo <u>**spazio**</u> e dal <u>**tempo**</u>

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) \qquad \vec{\mathbf{e}} = \mathrm{e}_r(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_r + \mathrm{e}_\vartheta(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_\vartheta + \mathrm{e}_\varphi(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_\varphi$$

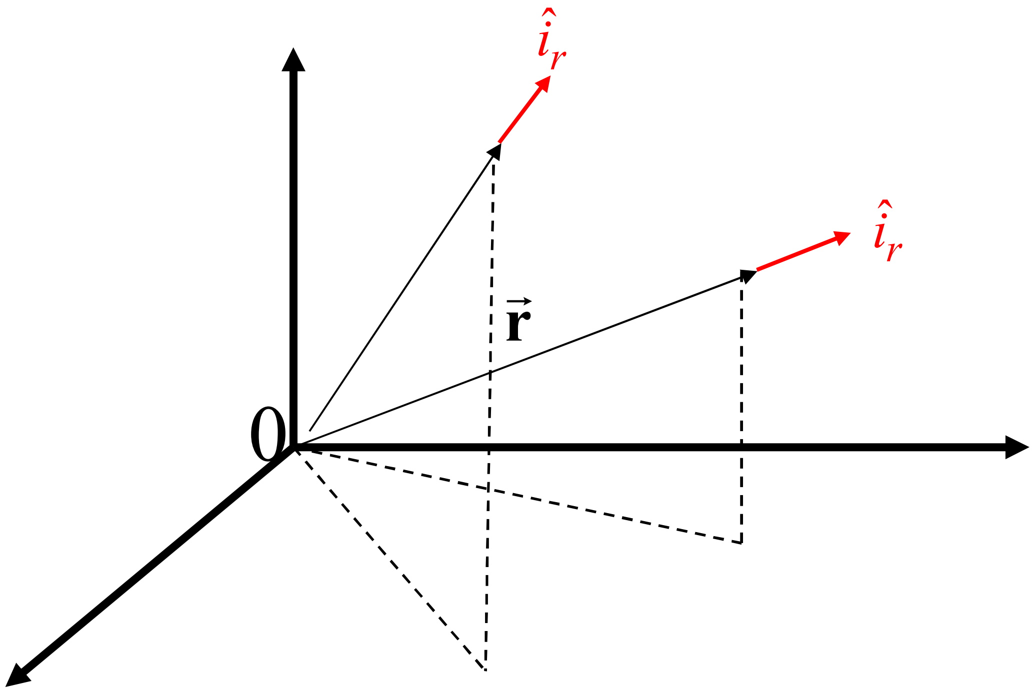
$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(r, \vartheta, \varphi, t)$$

$$\vec{\mathbf{r}} = (r, \vartheta, \varphi)$$



Sistema di riferimento sferico

Sistema di riferimento sferico



Campo elettromagnetico

Il **<u>campo elettrico</u>** dipende dallo **<u>spazio</u>** e dal **<u>tempo</u>**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t)$$

$$\vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) = \mathrm{e_x}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}}, t) = \mathrm{e}_r(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_r + \mathrm{e}_\vartheta(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_\vartheta + \mathrm{e}_\varphi(\vec{\mathbf{r}}, t)\hat{i}_\varphi$$

Campo elettromagnetico

Il **campo elettrico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{e}} = \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t)$$

$$\vec{\mathbf{e}}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right) = \mathrm{e_x}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_x + \mathrm{e_y}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_y + \mathrm{e_z}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{e}}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right) = \mathrm{e}_r\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_r + \mathrm{e}_\vartheta\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_\vartheta + \mathrm{e}_\varphi\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_\varphi$$

Il **campo magnetico** dipende dallo **spazio** e dal **tempo**

$$\vec{\mathbf{h}} = \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t)$$

$$\vec{\mathbf{h}}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right) = \mathrm{h_x}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_x + \mathrm{h_y}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_y + \mathrm{h_z}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_z$$

$$\vec{\mathbf{h}}\left(\vec{\mathbf{r}},t\right) = \mathrm{h}_r\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_r + \mathrm{h}_\vartheta\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_\vartheta + \mathrm{h}_\varphi\left(\vec{\mathbf{r}},t\right)\hat{i}_\varphi$$

Campo elettromagnetico

Perché si parla di campo?

Perché si parla di campo elettromagnetico?

Il campo elettrico che fine ha fatto?

Il campo magnetico che fine ha fatto?

Campo elettromagnetico

Perché si parla di campo?

Perché si parla di campo elettromagnetico?

Il campo elettrico che fine ha fatto?

Il campo magnetico che fine ha fatto?

Il campo elettrico e il campo magnetico sono legati?

Campo elettromagnetico

Perché si parla di campo?

Perché si parla di campo elettromagnetico?

Il campo elettrico che fine ha fatto?

Il campo magnetico che fine ha fatto?

Il campo elettrico e il campo magnetico sono legati?

Campo elettromagnetico

James Clerk Maxwell 1831-1879

$$
\begin{cases}
\nabla \times \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) = -\dfrac{\partial \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} \\
\nabla \times \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \dfrac{\partial \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t) \\
\nabla \cdot \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \rho(\vec{\mathbf{r}},t) \\
\nabla \cdot \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t) = 0
\end{cases}
$$

(Il lavoro di Maxwell) ..."è stato il più profondo e il più fruttuoso che la fisica ha sperimentato dal tempo di Newton"

Albert Einstein

Campo elettromagnetico

James Clerk Maxwell 1831-1879

$$
\begin{cases}
\nabla \times \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) = -\dfrac{\partial \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} \\
\nabla \times \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \dfrac{\partial \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t) \\
\nabla \cdot \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \rho(\vec{\mathbf{r}},t) \\
\nabla \cdot \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t) = 0
\end{cases}
$$

(Il lavoro di Maxwell) ...”è stato il più profondo e il più fruttuoso che la fisica ha sperimentato dal tempo di Newton”

Albert Einstein

Color legend

New formulas, important considerations,
important formulas, important concepts

Very important for the discussion

Memo

Mathematical tools to be exploited

Mathematics

Campo elettromagnetico

James Clerk Maxwell 1831-1879

$$\begin{cases} \nabla \times \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) = -\dfrac{\partial \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \dfrac{\partial \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \rho(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t) = 0 \end{cases}$$

(Il lavoro di Maxwell) ...”è stato il più profondo e il più fruttuoso che la fisica ha sperimentato dal tempo di Newton”

Albert Einstein

Campo elettromagnetico

$$\begin{cases} \nabla \times \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) = -\dfrac{\partial \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \dfrac{\partial \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \rho(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t) = 0 \end{cases}$$

$\vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Campo elettrico	Volt/m
$\vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Induzione elettrica	Coulomb/m^2
$\vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Campo magnetico	Ampere/m
$\vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Induzione magnetica	Weber/m^2
$\vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Densità di corrente	Ampere/m^2
$\rho(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Densità di carica	Coulomb/m^3

Color legend

New formulas, important considerations,
important formulas, important concepts

Very important for the discussion

Memo

Mathematical tools to be exploited

Mathematics

Cartesian Coordinates

$$\vec{\mathbf{A}}(\vec{\mathbf{r}},t) = A_x(x,y,z,t)\hat{i}_x + A_y(x,y,z,t)\hat{i}_y + A_z(x,y,z,t)\hat{i}_z$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{A}}(\vec{\mathbf{r}}) = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

$$\nabla \times \vec{\mathbf{A}}(\vec{\mathbf{r}}) = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\hat{i}_x + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\hat{i}_y + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\hat{i}_z$$

Campo elettromagnetico

$$\begin{cases} \nabla \times \vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t) = -\dfrac{\partial \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \dfrac{\partial \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t) = \rho(\vec{\mathbf{r}},t) \\ \nabla \cdot \vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t) = 0 \end{cases}$$

		Unità di misura
$\vec{\mathbf{e}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Campo elettrico	Volt/m
$\vec{\mathbf{d}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Induzione elettrica	Coulomb/m^2
$\vec{\mathbf{h}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Campo magnetico	Ampere/m
$\vec{\mathbf{b}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Induzione magnetica	Weber/m^2
$\vec{\mathbf{j}}(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Densità di corrente	Ampere/m^2
$\rho(\vec{\mathbf{r}},t)$:	Densità di carica	Coulomb/m^3

Campo elettromagnetico

Perché si parla di campo?

Perché si parla di campo elettromagnetico?

Il campo elettrico che fine ha fatto?

Il campo magnetico che fine ha fatto?

Il campo elettrico e il campo magnetico sono legati?