



La didattica della Fisica nei Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica

Prof. Francesco Michelotti

SAPIENZA Università di Roma

Dipartimento di Scienze di Base ed Applicate per l'Ingegneria



Dalle quattro equazioni di Maxwell all'equazione delle onde elettromagnetiche

Una lezione tipo ...

.... verso la fine del corso di Fisica 2

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

per mezzi

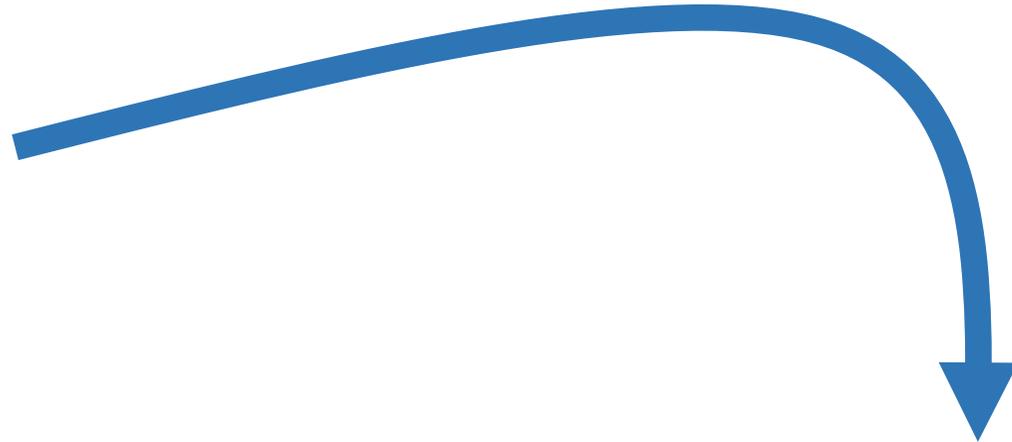
omogenei

isotropi

non dispersivi

Lontano dalle sorgenti del campo

$$\rho = 0 \quad \mathbf{J} = 0$$

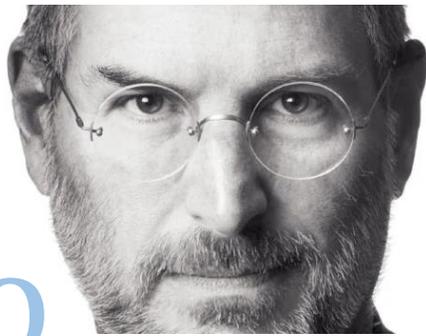


$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu \varepsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

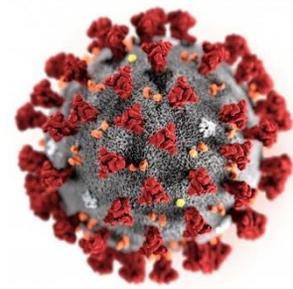
***Equazione delle
Onde Elettromagnetiche***

Taac!

S



Avojia



Scialla

A

B

v Onesto

P

O

$$\vec{F}_{EL} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \hat{u}_R$$

$$pV = nRT$$

B

O

Z

z Daje



E

C

I

L

E

R



$$E = mc^2$$

A

C

E

$$\frac{x^2}{a^2} \pm \frac{y^2}{b^2} = 1$$

A

R

1

Fratè

Ho sgravato

R

E

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$



Nel mezzo del cammin di nostra vita

Bella!

Obiettivi dei corsi di Fisica

- *Fornire gli strumenti per comprendere ed usare correttamente il linguaggio della scienza e della tecnica, che è la MATEMATICA*



MATEMATICA?

Facciamo un test

Rispondete più velocemente
possibile alle domande che
vedrete sullo schermo



MATEMATICA?



Chi è?



MATEMATICA?



Chi è?



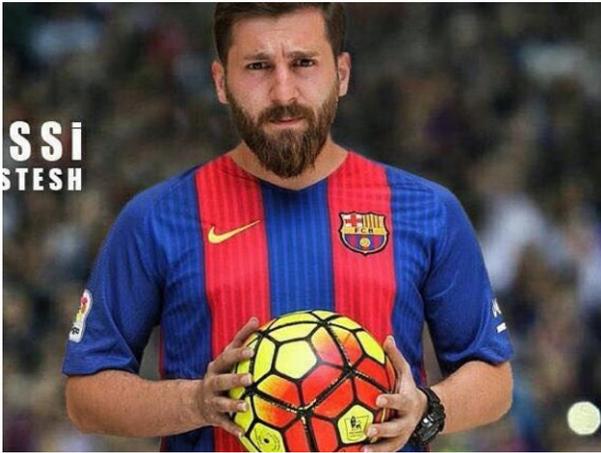
MATEMATICA?

$$a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

Cosa è?



MATEMATICA?



$$a^2 \pm 2ab + b^2$$

Chi sono?



MATEMATICA?



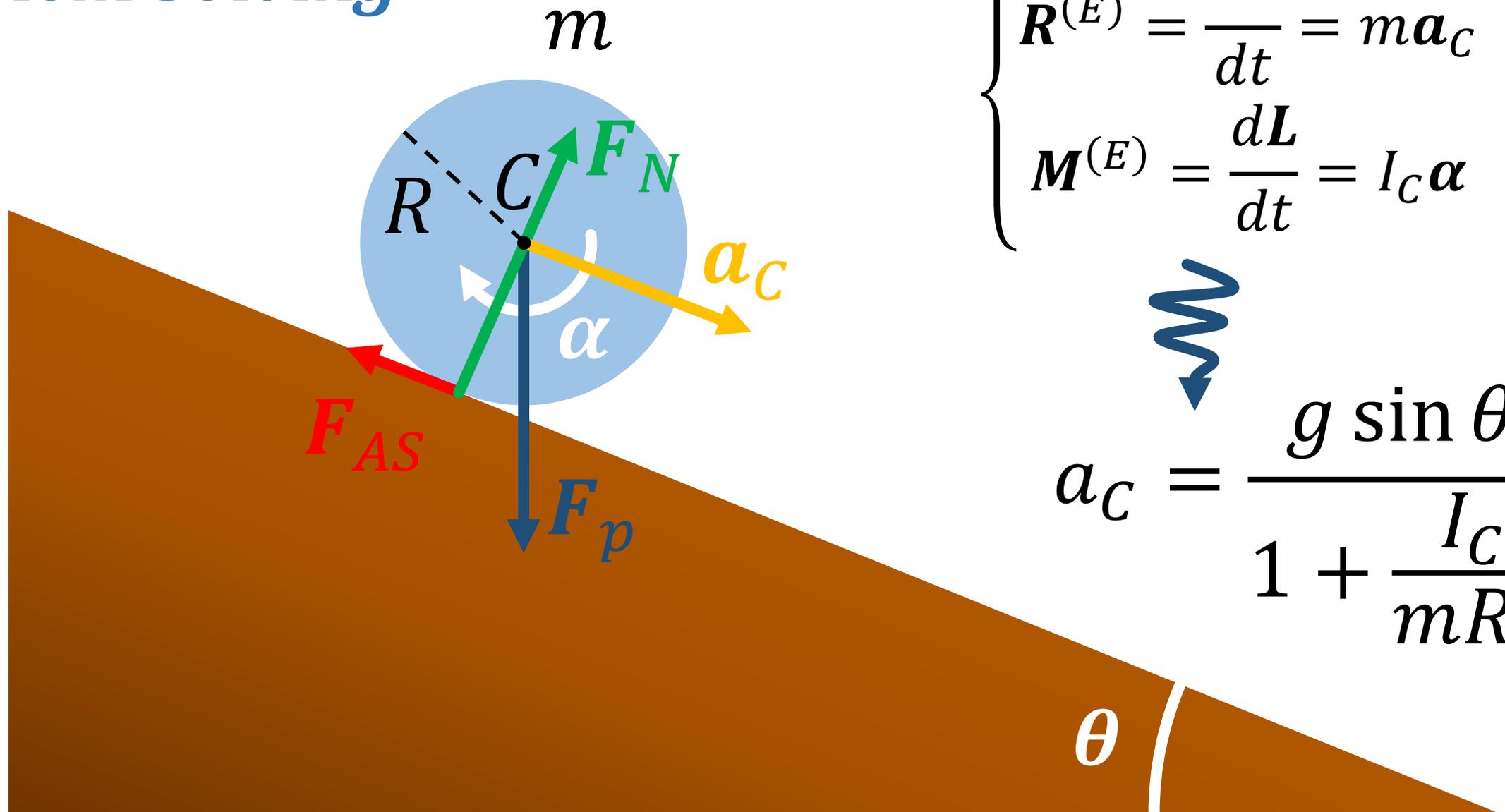
$$a^3 + 3a^2b - 3ab^2 - b^3$$

Chi sono?

Obiettivi dei corsi di Fisica

- *Fornire gli strumenti per comprendere ed usare correttamente il linguaggio della scienza e della tecnica, che è la MATEMATICA*
- *Introdurre lo studente all'arte del PROBLEM SOLVING*

Problem Solving



$$\begin{cases} \mathbf{R}^{(E)} = \frac{d\mathbf{P}}{dt} = m\mathbf{a}_c \\ \mathbf{M}^{(E)} = \frac{d\mathbf{L}}{dt} = I_c\boldsymbol{\alpha} \end{cases}$$



$$a_c = \frac{g \sin \theta}{1 + \frac{I_c}{mR^2}}$$

Obiettivi dei corsi di Fisica

- *Fornire gli strumenti per comprendere ed usare correttamente il linguaggio della scienza e della tecnica, che è la MATEMATICA*
- *Introdurre lo studente all'arte del PROBLEM SOLVING*
- *Sviluppare solide conoscenze di base in quei settori della FISICA necessari per affrontare le materie specialistiche*

Fisica Generale 1

1° Anno, 2° Semestre

Meccanica

- *Cinematica e dinamica del punto materiale*
- *Moti relativi*
- *Sistemi discreti di punti*
- *Cenni alla gravitazione*
- *Corpi rigidi*
- *Moti oscillatori e onde meccaniche*
- *Meccanica dei fluidi*
- *Elementi di meccanica quantistica*

Termodinamica

- *Calorimetria*
- *1° e 2° principio della TD*
- *Motori e rendimento*
- *Entropia e 3° principio*
- *Cenni ai potenziali termodinamici*

Fisica Generale 2

2° Anno, 1° Semestre

Elettrostatica

- *Elettrostatica nel vuoto*
- *Campo elettrostatico nei dielettrici*

Correnti elettriche stazionarie

Magnetostatica

- *Magnetostatica di correnti stazionarie*
- *Campo magnetico nella materia*

Campi rapidamente variabili

- *induzione e.m. (Faraday-Neumann-Lenz)*
- *legge di Ampère-Maxwell*

Correnti alternate

Onde elettromagnetiche

- *ottica fisica*
- *ottica geometrica*

Obiettivi dei corsi di Fisica

- *Fornire gli strumenti per comprendere ed usare correttamente il linguaggio della scienza e della tecnica, che è la MATEMATICA*
- *Introdurre lo studente all'arte del PROBLEM SOLVING*
- *Sviluppare solide conoscenze di base in quei settori della FISICA necessari per affrontare le materie specialistiche*
- *Accompagnare lo studio teorico della Fisica con esercitazioni numeriche e con attività pratiche di laboratorio*

Fisica Generale 1
1° Anno, 2° Semestre

&

Fisica Generale 2
2° Anno, 1° Semestre

Teoria ed esercizi

Lezioni frontali in aula

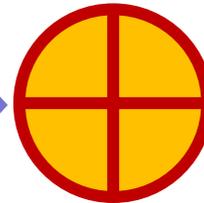
9 CFU

Laboratorio

Esperimenti

3 CFU

ESAME

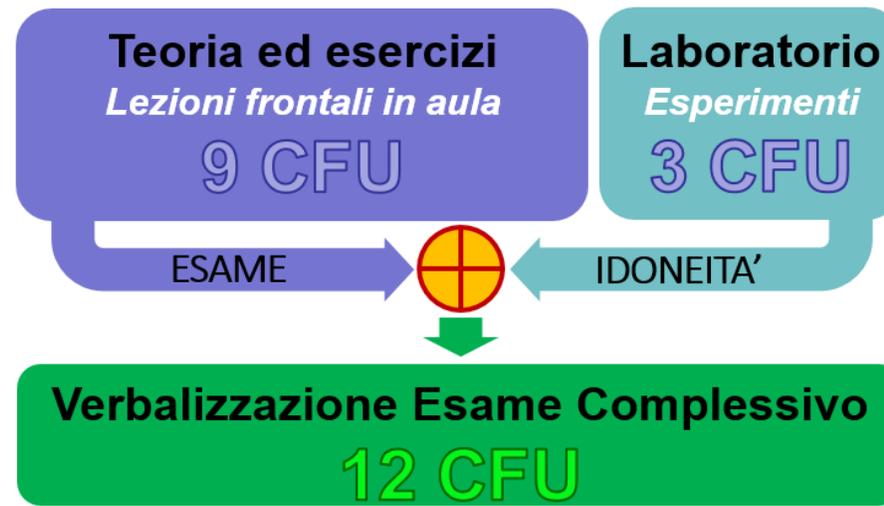


IDONEITA'

Verbalizzazione Esame Complessivo

12 CFU





Il modulo di Laboratorio di Fisica è una peculiarità di pochi corsi di laurea triennale in Ingegneria alla SAPIENZA

- *Ingegneria Elettronica*
- *Ingegneria delle Comunicazioni*
- *Ingegneria Meccanica*
- *Ingegneria Elettrotecnica*

Obiettivi dei corsi di Fisica

- *Fornire gli strumenti per comprendere ed usare correttamente il linguaggio della scienza e della tecnica, che è la MATEMATICA*
- *Introdurre lo studente all'arte del PROBLEM SOLVING*
- *Sviluppare solide conoscenze di base in quei settori della FISICA necessari per affrontare le materie specialistiche*
- *Accompagnare lo studio teorico della Fisica con esercitazioni numeriche e con attività pratiche di laboratorio*

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

E' la legge di Gauss

per mezzi

omogenei

isotropi

non dispersivi

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

E' la legge di

Gauss

Sono

il campo elettrico

e

l'induzione magnetica

$$\mathbf{E} = \begin{cases} E_x(x, y, z, t) \\ E_y(x, y, z, t) \\ E_z(x, y, z, t) \end{cases} \quad \mathbf{B} = \begin{cases} B_x(x, y, z, t) \\ B_y(x, y, z, t) \\ B_z(x, y, z, t) \end{cases}$$

per mezzi

omogenei

isotropi

non dispersivi

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

E' la legge di Gauss

Sono il campo elettrico

e

l' induzione magnetica

$$\mathbf{E} = \begin{cases} E_x(x, y, z, t) \\ E_y(x, y, z, t) \\ E_z(x, y, z, t) \end{cases} \quad \mathbf{B} = \begin{cases} B_x(x, y, z, t) \\ B_y(x, y, z, t) \\ B_z(x, y, z, t) \end{cases}$$

per mezzi omogenei isotropi non dispersivi

E' il rotore del campo elettrico

$$\nabla \times \mathbf{E} = \begin{vmatrix} \hat{u}_x & \hat{u}_y & \hat{u}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

E' la legge di Gauss

Sono il campo elettrico

e l' induzione magnetica

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_x(x, y, z, t) \\ E_y(x, y, z, t) \\ E_z(x, y, z, t) \end{pmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_x(x, y, z, t) \\ B_y(x, y, z, t) \\ B_z(x, y, z, t) \end{pmatrix}$$

per mezzi omogenei isotropi non dispersivi

E' il rotore del campo elettrico

.... e così via

$$\nabla \times \mathbf{E} = \begin{vmatrix} \hat{u}_x & \hat{u}_y & \hat{u}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$

per mezzi

omogenei

isotropi

non dispersivi



Onesto

Taac!

Ma attenzione ...

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu \left(\mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \end{array} \right.$$



Onesto

... dovete sapere cosa c'è dentro le icone !!!

Taac!

S

P

O

I

L

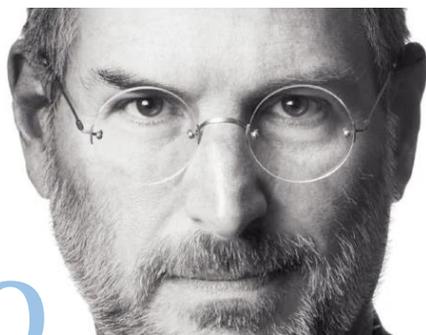
E

R

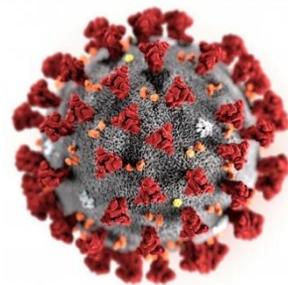
A

R

E



Avojia



Scialla

A

B

B

O

Z

Z

A

R

E



$$pV = nRT$$



$$\vec{F}_{EL} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \hat{u}_R$$



Daje

Domande?

$$\frac{x^2}{a^2} \pm \frac{y^2}{b^2} = 1$$

1

Fratè

$$\text{sen}^2\alpha + \text{cos}^2\alpha = 1$$

Ho sgravato



Nel mezzo del cammin di nostra vita

Bella!