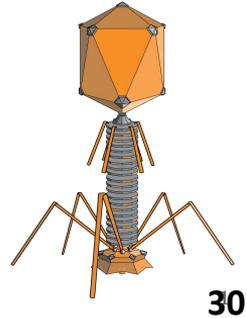
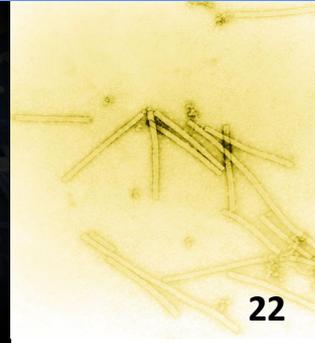
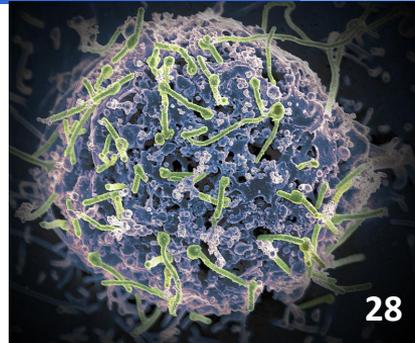


# I VIRUS

BioTechnologieSanitarie.it

**La storia della virologia**  
**Le origini dei virus**  
**La loro struttura**



# I VIRUS

## INDICE

[Definizione ed etimologia](#)

[La storia della virologia](#)

[Ipotesi sull'origine dei virus](#)

[Esseri viventi o no?](#)

[La struttura dei virus](#)

[Le dimensioni dei virus](#)

[Caratteristiche dell'acido nucleico](#)

[Il capside](#)

[Photo credits](#)

---

# DEFINIZIONE ED ETIMOLOGIA

---

BioTecnologieSanitarie.it

## DEFINIZIONE ED ETIMOLOGIA

Virus è un termine latino e significa **veleno**.

Bisognerebbe chiedersi come mai questi microrganismi sono stati chiamati così visto che non possono essere considerati alla stessa stregua di ciò che oggi viene definito veleno.

Dobbiamo fare un passo indietro. A quando risalgono i primi studi sui virus?

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

---

BioTecnologieSanitarie.it

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

**Pasteur** (1822 - 1895) si dedicò intensamente allo studio della rabbia, sperimentando con successo anche la vaccinazione e arrivando alla conclusione che l'agente che la causava era più piccolo dei normali batteri. Ma non riuscì mai ad individuarlo.



1

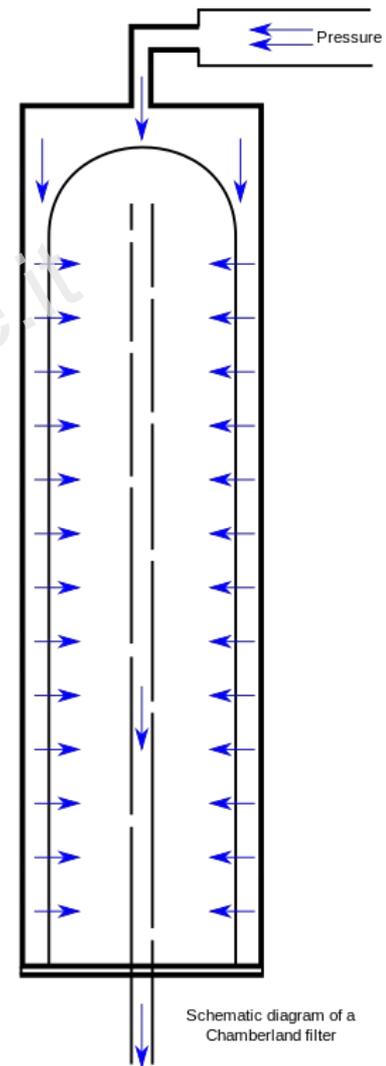
L'inoculazione di Jean-Baptiste Jupille sotto la guida di Pasteur  
(Harper's Weekly del 19 dicembre 1885)

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Nel 1884 il microbiologo francese **Chamberland** ideava, anche sulla base degli studi di Pasteur, un filtro di ceramica in grado di trattenere i batteri presenti nell'acqua.

Lo schema di questo filtro è riportato nel disegno di lato.

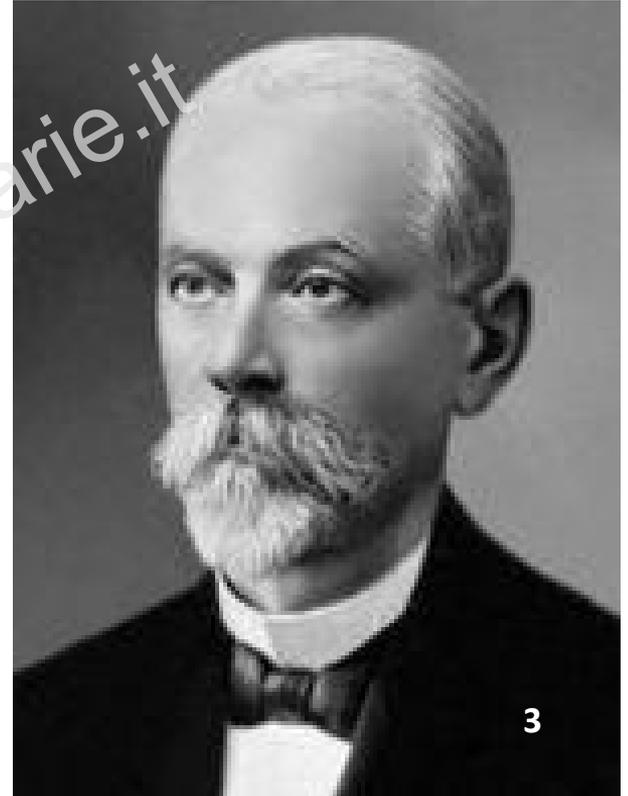
Filtro di ceramica Pasteur-Chamberland



Schematic diagram of a Chamberland filter

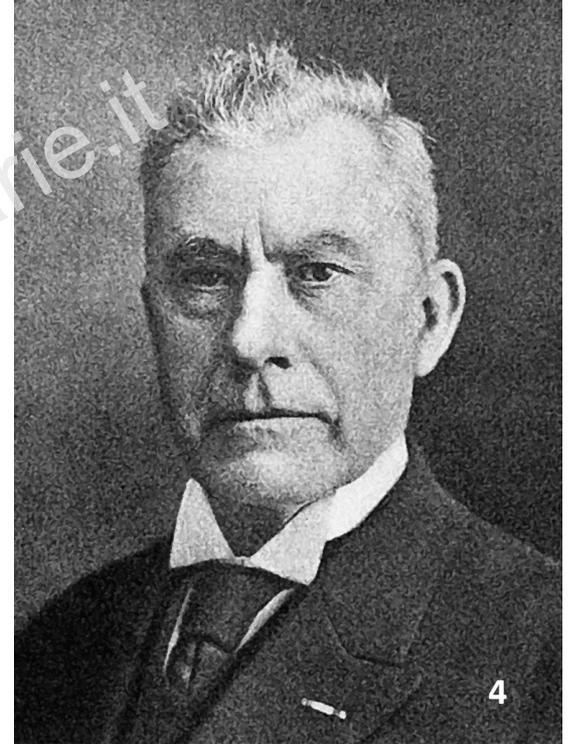
# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Pochi anni dopo, **Dimitri Ivanovsky** (1864 - 1920), biologo russo, utilizzò questo filtro per studiare l'agente che causava una malattia: il mosaico del tabacco. Scopri che l'estratto di foglie malate, una volta fatto passare attraverso questo filtro, rimaneva infetto. Era il **1892**.



# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

1898. Il microbiologo olandese **Martinus Beijerinck** (1851 - 1931) ripeté l'esperimento di Ivanovsky con successo e dopo altri test si convinse che avesse una natura fluida perché si moltiplicava solo nelle cellule in fase di divisione.



# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Quindi Beijerinck lo chiamò **contagium vivum fluidum**.

Si trattava di un agente infettivo in grado di riprodursi passando da un ospite ad un altro per cui lo stesso scienziato recuperò il termine virus. In ogni caso più piccolo dei batteri.



Martinus Beijerinck nel suo laboratorio (1921)

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Negli anni successivi si scoprì che aggiungendo specifici virus a batteri coltivati su agar si sviluppavano aree con batteri morti.

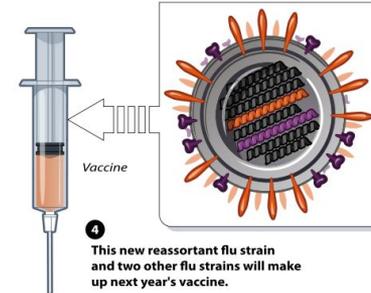
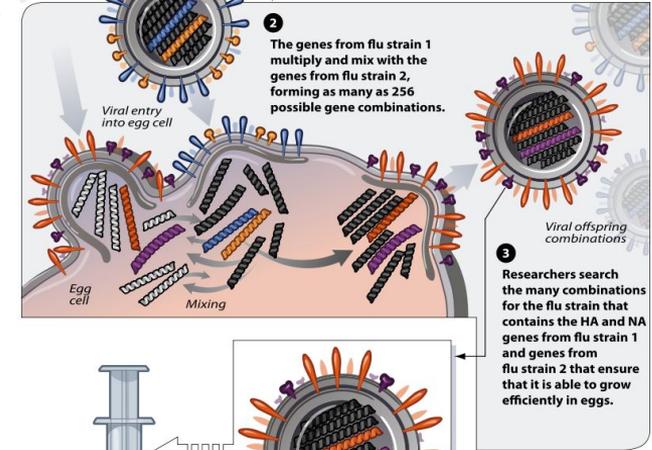
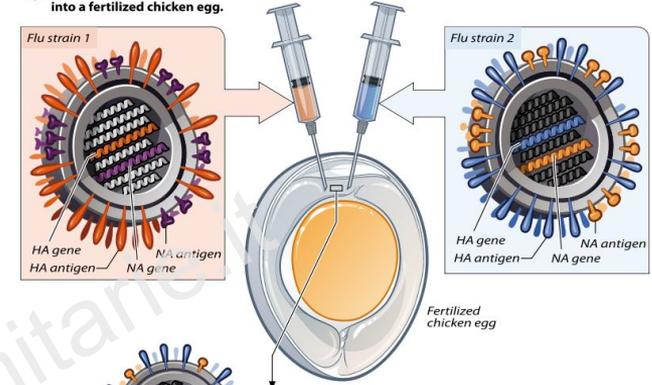
Si studiò poi come coltivare questi agenti infettivi usando tessuti, per esempio frammenti di tessuto corneale di cavia (1913). Arrivando, nel 1928, ad utilizzare sospensioni di reni di pollo frammentati.

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Altra tappa fondamentale fu il **1931** quando due patologi americani riuscirono a far crescere il virus dell'influenza su uova di pollo fecondate. Ancora oggi, a partire da febbraio, si produce il vaccino antinfluenzale ricorrendo a questo metodo come si può vedere accanto.

A flu virus contains eight gene segments. The goal is to combine the desired HA and NA genes from flu strain 1 with genes from flu strain 2, which grows well in eggs and is harmless in humans.

**1** Flu strains 1 and 2 are injected into a fertilized chicken egg.



# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Nel 1949 si riuscì a far moltiplicare il virus della poliomielite su cellule embrionali umane in coltura.

Questo fatto aprì la strada agli studi di **Jonas Salk** e al primo vaccino antipolio.



Jonas Salk (1955)

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

Nella prima metà del 1900 si scoprì che ogni virus è formato da proteine e un acido nucleico.

Fu **Rosalind Franklin** a capire pienamente la struttura di un virus nel **1955**. La stessa donna che contribuì in modo decisivo alla scoperta del DNA.



Rosalind Franklin (1920 -1958)

## LA STORIA DELLA VIROLOGIA

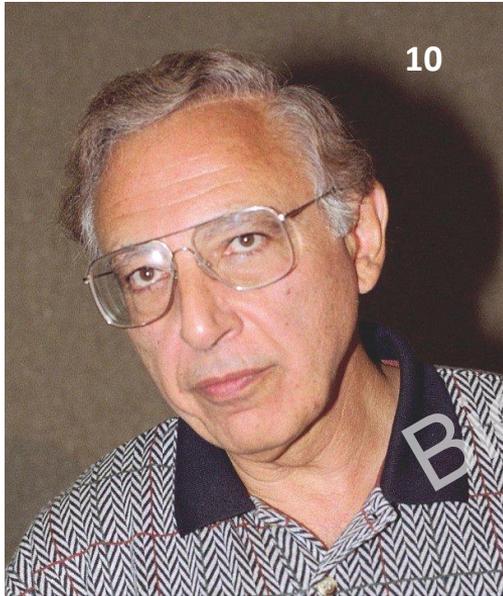
La seconda metà del 1900 ha visto la scoperta delle migliaia di virus che infettano batteri, animali e piante. I nomi dei ricercatori sono veramente tanti. Qui ricordiamo il professor Montagnier dell'Istituto Pasteur che ha scoperto la struttura dell'HIV.



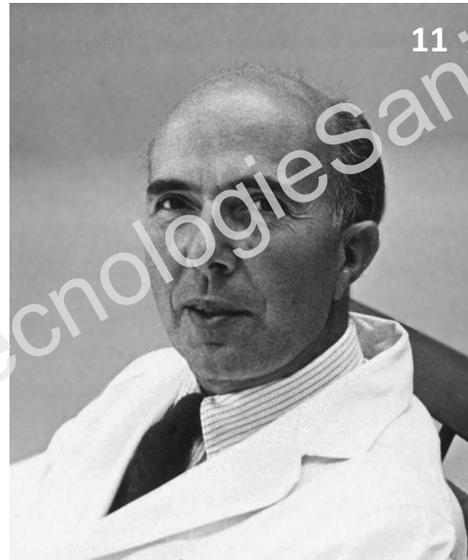
Luc Montagnier, premio Nobel (2008)

# LA STORIA DELLA VIROLOGIA

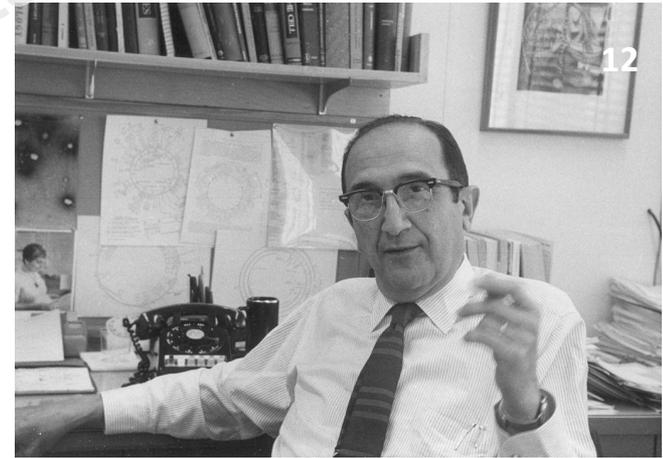
Altri illustri virologi dell'epoca moderna con i riferimenti ai loro studi più importanti



**Robert Gallo, virologo americano  
Retrovirus**



**Renato Dulbecco, premio Nobel 1975  
(1914 - 2012). Oncovirus**



**Salvatore Luria, premio Nobel 1969  
(1912 - 1991) Fagi e tecnologia del  
DNA ricombinante**

# **IPOSTESI SULLE ORIGINI DEI VIRUS**

---

BioTecnologie Sanitarie.it

# LE ORIGINI DEI VIRUS

Studi recenti hanno dimostrato che il DNA umano come quello di altri animali è integrato con l'acido nucleico di molti microbi tra cui i virus, in maniera particolare alcuni retrovirus a cui appartiene anche l'HIV. Ciò deriverebbe non da una trasmissione verticale ma da un procedimento orizzontale che consente il "mescolamento" tra geni di specie diverse [\(1\)](#) [\(2\)](#).

# LE ORIGINI DEI VIRUS

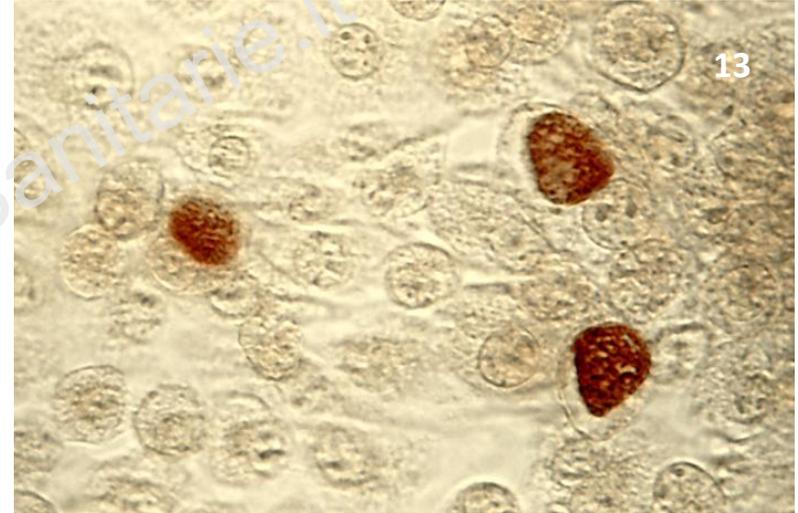
I virus non formano fossili e quindi diventa molto difficile poter risalire alle loro origini. Pertanto si fanno diverse ipotesi ognuna delle quali non è esaustiva. Gli studi continuano.

- Ipotesi regressiva
- Ipotesi dell'origine cellulare
- Ipotesi della coevoluzione

# LE ORIGINI DEI VIRUS

## Ipotesi regressiva

I virus potrebbero essere stati delle piccole cellule, parassitarie di cellule più grandi, che avrebbero poi perso i geni non necessari per la vita da parassiti.

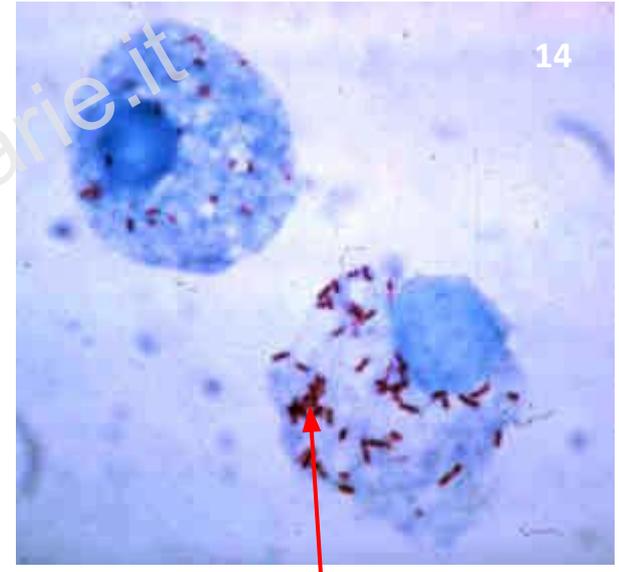


Chlamydia trachomatis - agente del linfogranuloma venereo - I suoi inclusi marroni sono stati fotografati in una coltura di cellule

# LE ORIGINI DEI VIRUS

## Ipotesi regressiva

Ne potrebbero essere un esempio due forme di batteri (Rickettsie e Clamidie) che per lungo tempo sono stati considerati virus per le piccole dimensioni, l'assenza di parete cellulare e la vita da parassiti di cellule eucariote.



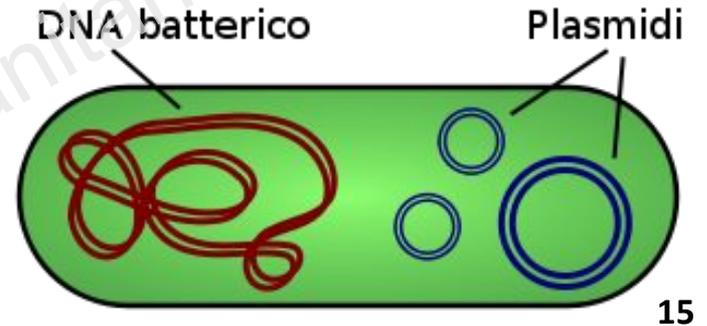
**Rickettsia rickettsii all'interno di cellule eucariote, responsabile della febbre maculosa delle Montagne Rocciose**

# LE ORIGINI DEI VIRUS

## Ipotesi dell'origine cellulare

I virus potrebbero derivare da frammenti di DNA sfuggiti alla cellula di appartenenza.

Sarebbero quindi coinvolti sia i plasmidi quanto i trasposoni.



Plasmidi all'interno di un cellula batterica

# LE ORIGINI DEI VIRUS

## Ipotesi della coevoluzione

Secondo questa teoria i virus sarebbero comparsi sotto forma di complessi acido nucleico - proteine contemporaneamente alle prime forme cellulari e sarebbero sempre stati dipendenti dalla cellula per la loro moltiplicazione.

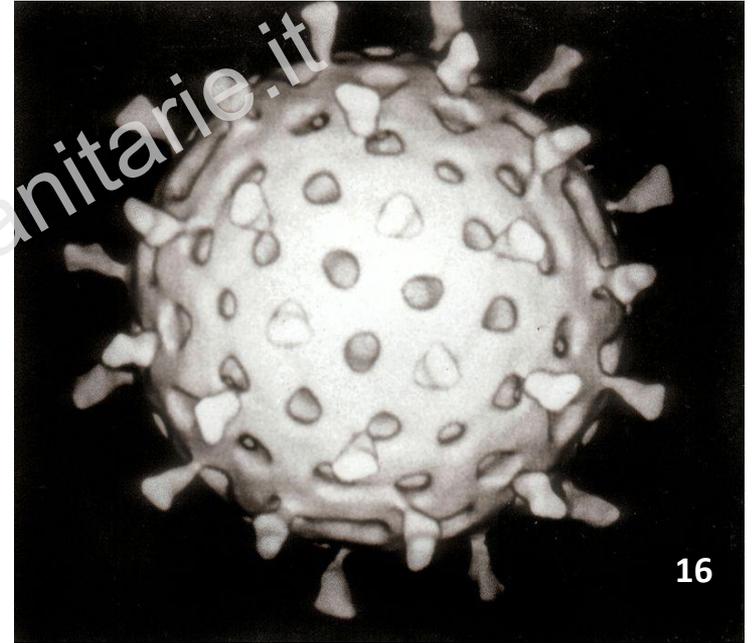
**ESSERI VIVENTI O NO?**

---

BioTecnologie Sanitarie.it

## ESSERI VIVENTI O NO?

Il dibattito è tuttora aperto. Va ricordato anche il nome con cui stati battezzati: virus. Virus significa veleno come è stato già ricordato e quindi fa pensare ad un qualcosa di inanimato. Vediamo le ragioni dei due fronti.



16

Ricostruzione al computer di un rotavirus

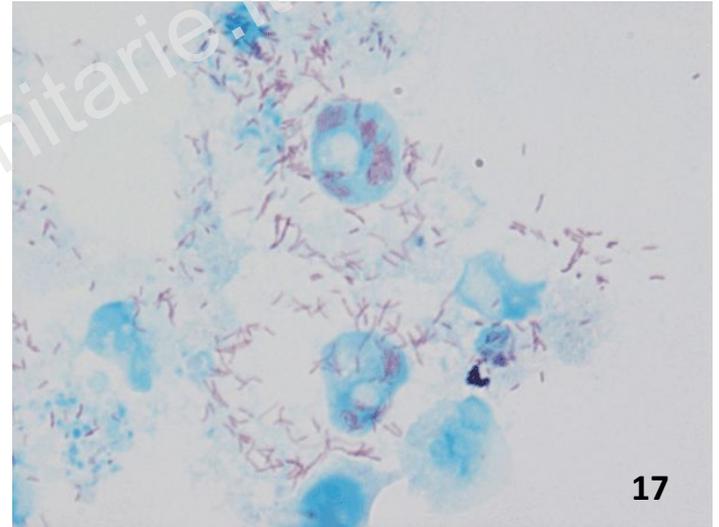
## ESSERI VIVENTI O NO?

Se si considera che la struttura cellulare è l'unità della vita la risposta è facile. Non avendola i virus non possono essere considerati esseri viventi.

A supportare questa posizione anche l'evidenza che non hanno un loro metabolismo in quanto dipendono completamente dagli organismi viventi che infettano.

## ESSERI VIVENTI O NO?

D'altra parte anche batteri come le rickettsie e le clamidie che abbiamo visto nelle diapositive precedenti si comportano esattamente come i virus. Eppure vengono considerate a tutti gli effetti degli esseri viventi.



17

**Rickettsia conorii conorii tra cellule Vero  
ingrandimento 100x**

## ESSERI VIVENTI O NO?

Ma c'è un fronte sempre più consistente di ricercatori che propendono a considerare i virus esseri viventi. Innanzi tutto le ultime ricerche tendono a confermare che la forma iniziale dei virus fosse cellulare ([teoria regressiva](#)) e che poi abbiano perso progressivamente pezzi di genoma trasformandosi nella struttura che conosciamo.

## ESSERI VIVENTI O NO?

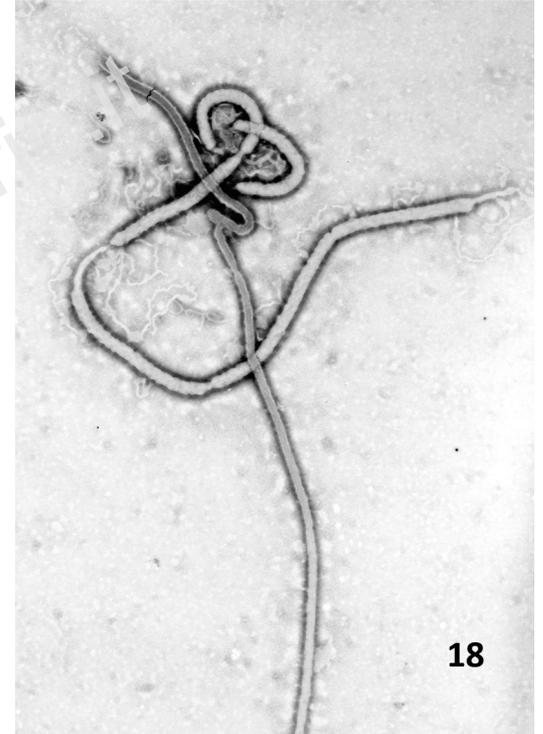
C'è poi da citare uno studio recente (2015) condotto da Gustavo Caetano-Anollés e Arshan Nasir, dell'Università dell'Illinois. Questi scienziati hanno confrontato le strutture tridimensionali delle proteine prodotte da 5080 organismi di cui 3460 erano virus. Si è trattato di uno studio bioinformatico. Alla fine sono state identificate 442 strutture in comune tra cellule e virus e 66 solo virali.

## ESSERI VIVENTI O NO?

Gli scienziati hanno concluso che i virus sono da considerare a tutti gli effetti **creatori di diversità**

Per questo li considerano viventi.

Vedremo come evolverà il pensiero scientifico.



Virus Ebola

# LA STRUTTURA DEI VIRUS

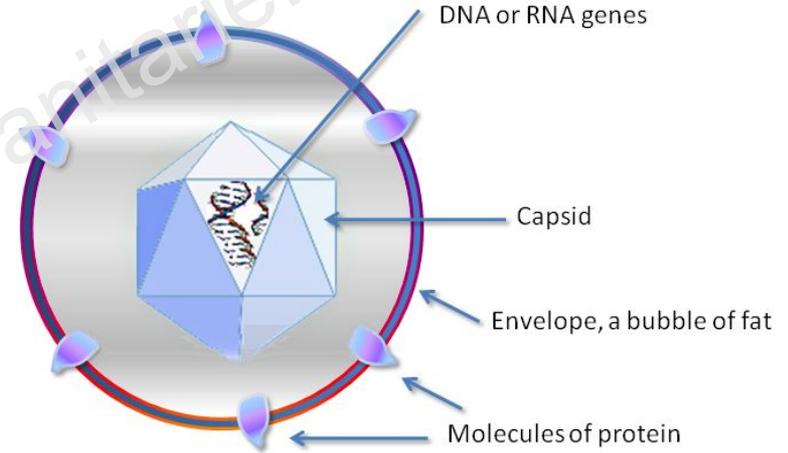
---

BioTecnologieSanitarie.it

# LA STRUTTURA DEI VIRUS

La struttura di base di un virus è molto semplice:

- un **acido nucleico** centrale, DNA o RNA
- un rivestimento esterno formato da proteine (**capside**)
- un ulteriore rivestimento (**envelope**) formato da grassi



Struttura semplificata di un virus

# LA STRUTTURA DEI VIRUS

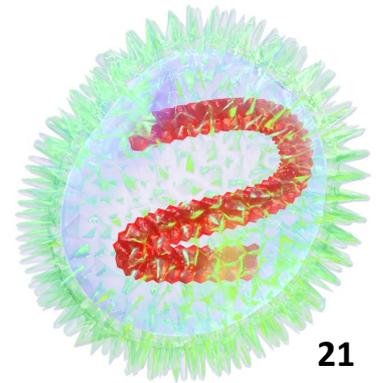
Adesso possiamo osservare qualsiasi ricostruzione di un virus e capire meglio la sua struttura mettendolo a confronto con le immagini al microscopio elettronico.

Incominciamo con il virus dell'influenza.



20

Virus dell'influenza  
 In alto: immagine al microscopio elettronico  
 In basso a destra ricostruzione grafica

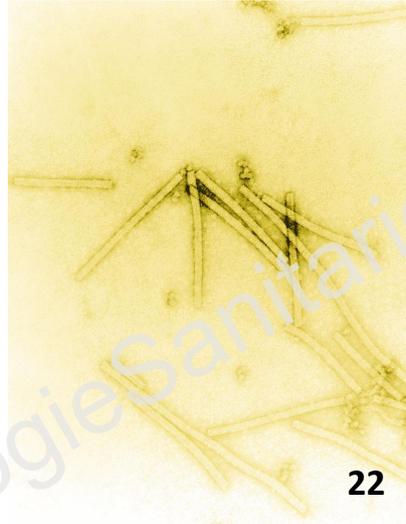


21

Influenza Virus

# LA STRUTTURA DEI VIRUS

Ecco il virus del mosaico del tabacco, di forma completamente diversa. È stato il primo virus ad essere studiato fin dalla fine del 1800 come già detto in precedenza.



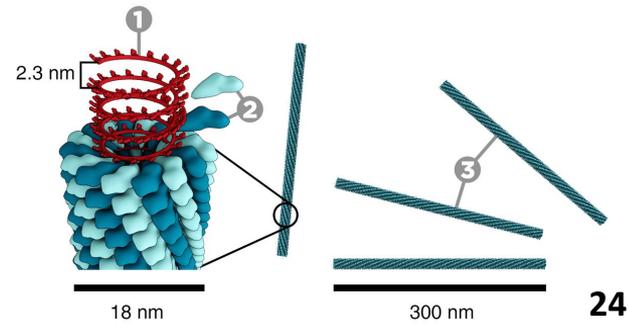
22



23

## Virus del mosaico del tabacco

In alto a sinistra: immagine al microscopio elettronico  
 In alto a destra: foglie di tabacco infettate  
 In basso a destra: ricostruzione grafica



24

# LA STRUTTURA DEI VIRUS

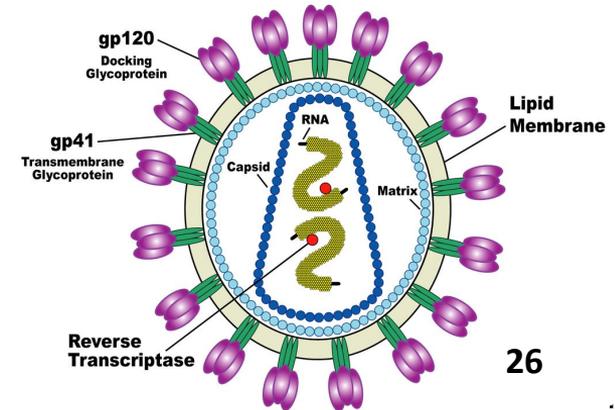
Altro virus interessante è l'HIV, responsabile dell'immunodeficienza acquisita (AIDS).

Scoperto dal prof. Montagnier.



## Virus HIV

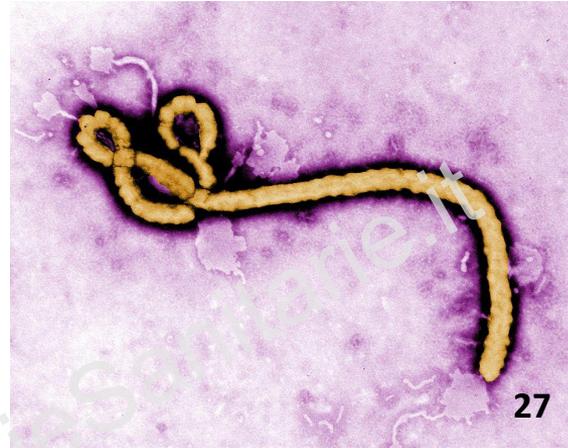
In alto a sinistra: immagine al microscopio elettronico di particelle di virus HIV che stanno gemmando da un macrofago infetto  
 In basso a destra  
 ricostruzione grafica



# LA STRUTTURA DEI VIRUS

Completamente diverso da tutti gli altri virus fino ad ora esaminati è Ebola.

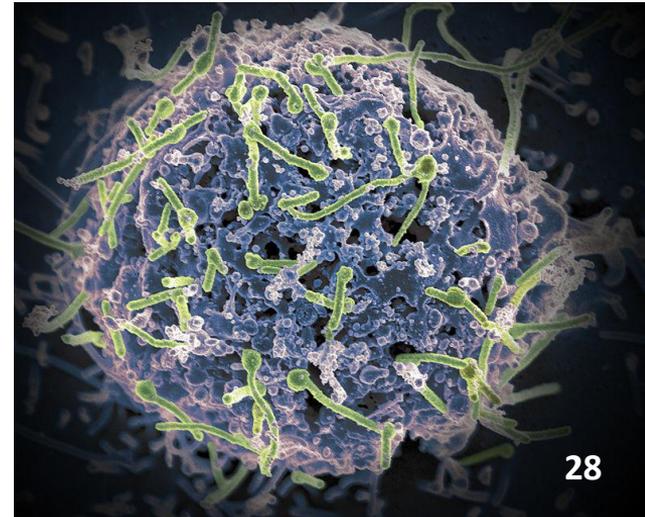
Virus ad RNA che ha preoccupato il mondo intero recentemente.



## Virus Ebola

In alto a sinistra: immagine al microscopio elettronico del virus Ebola

In basso a destra virus Ebola (filamenti in verde) sulla superficie di una cellula Vero (tipo di cellula coltivata in vitro) a partire da un paziente contaminato a Mali (2014)



# LA STRUTTURA DEI VIRUS

Ed infine i fagi o batteriofagi cioè i virus che infettano i batteri e che hanno una struttura decisamente “spaziale”

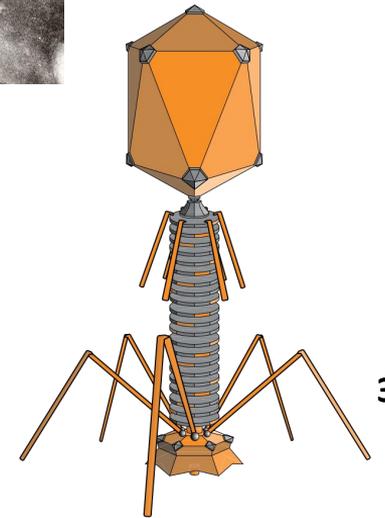


29

## Batteriofago

In alto a sinistra: immagine al microscopio elettronico di fagi che circondano una cellula batterica di cui si vede solo un'estremità

In basso a destra: ricostruzione di un fago



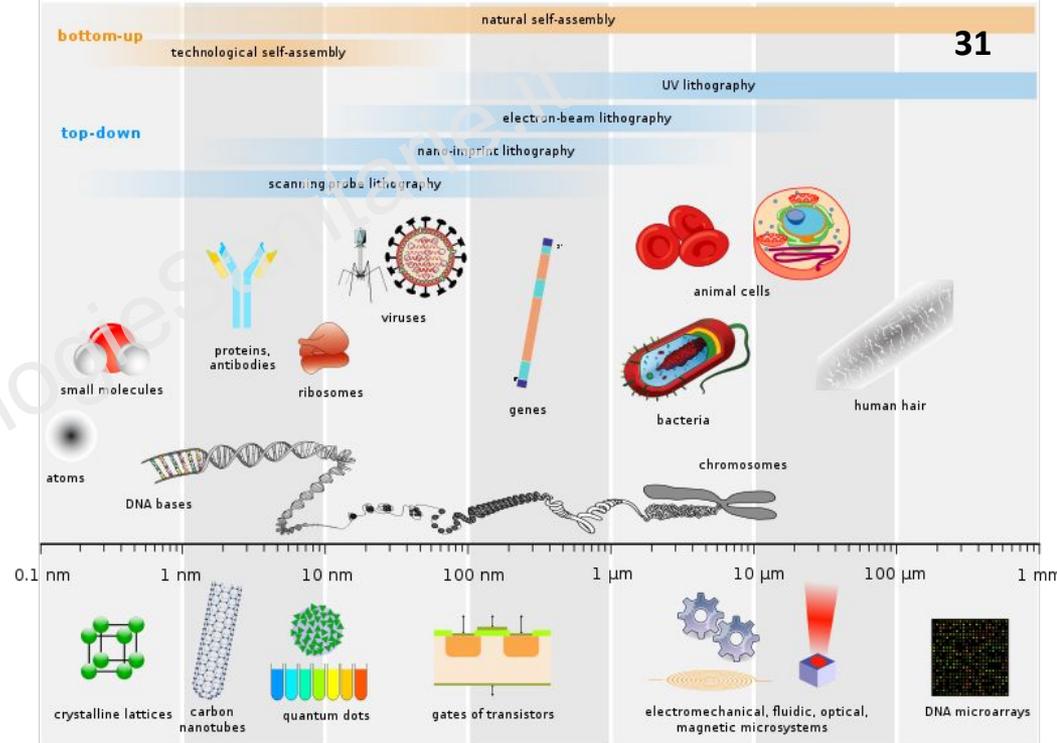
30

# LE DIMENSIONI DEI VIRUS

---

# LE DIMENSIONI DEI VIRUS

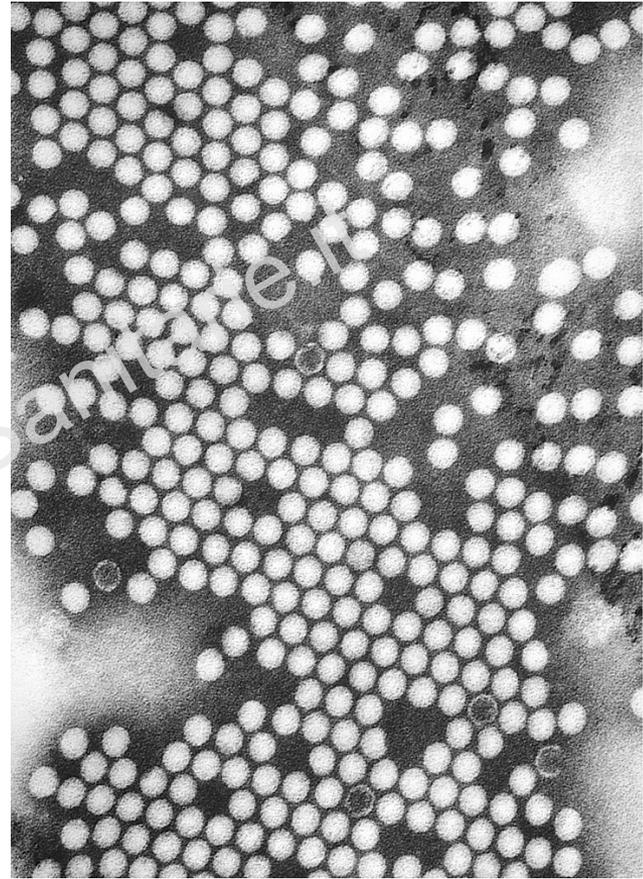
Lo schema a fianco ci fa ricordare che le dimensioni dei virus sono nell'ordine dei nanometri. Per ulteriori dettagli consultate [questa pagina](#).



Lo schema mette in evidenza le unità di misura nel mondo microscopico e le correla ai diversi esseri viventi

## LE DIMENSIONI DEI VIRUS

Tra virus più piccoli i Picornaviridae (25 - 30 nm) con struttura icosaedrica e assenza di envelope, a cui appartengono il virus della poliomielite, dell'afta epizootica, gli enterovirus ...



32

Virus della poliomielite al microscopio elettronico

## LE DIMENSIONI DEI VIRUS

Tra i virus più grandi si può ricordare il virus del vaiolo (*Variola virus*) che raggiunge i 250 - 300 nm e che non è più presente in natura. La malattia è stata eradicata negli anni Settanta del XX secolo in seguito alla vaccinazione.



33

Virus del vaiolo al microscopio elettronico

# CARATTERISTICHE DELL'ACIDO NUCLEICO

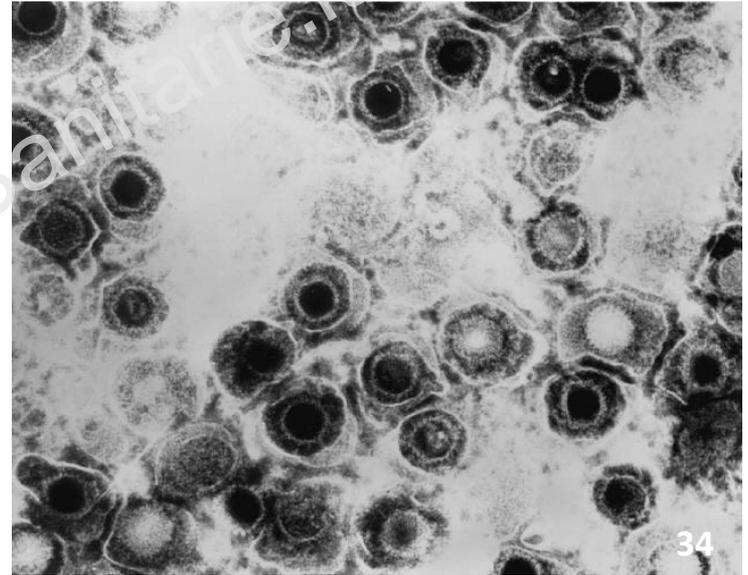
---

# L'ACIDO NUCLEICO

I virus possono avere come acido nucleico il DNA o l'RNA.

I più piccoli contano da 4 a 7 geni (porzioni di DNA che contengono le informazioni per produrre una proteina).

I più grandi da 150 a 200.

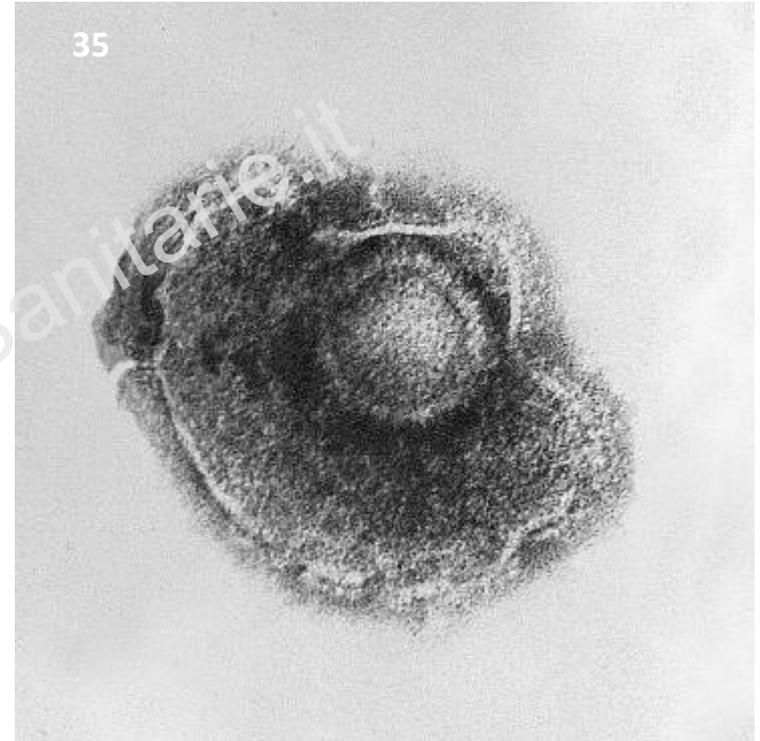


Virus Herpes simplex (a DNA)  
al microscopio elettronico

# L'ACIDO NUCLEICO

Il 30% dei virus animali è a DNA.

Il filamento di DNA è doppio salvo rare eccezioni (Parvovirus) ed è circolare o lineare.

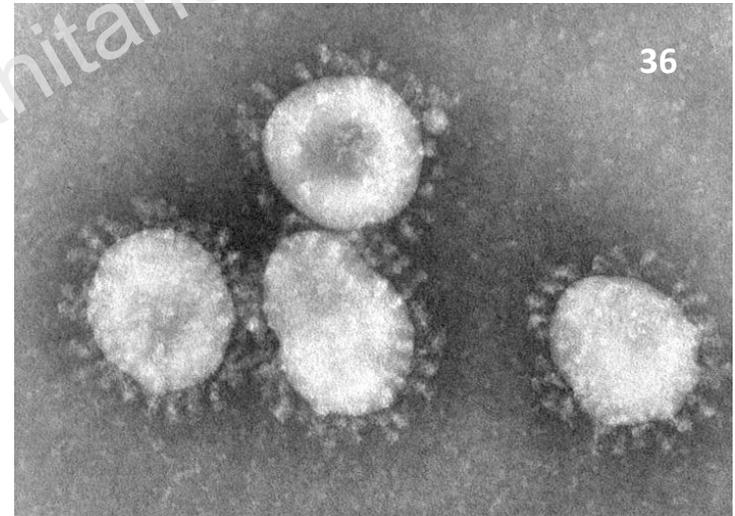


Varicella zoster virus (a DNA)  
al microscopio elettronico

# L'ACIDO NUCLEICO

Il 70% dei virus animali è a RNA e il fatto che l'informazione genetica non è contenuta all'interno del DNA è un'anomalia.

Nella maggior parte dei casi l'RNA è a filamento singolo ed è lineare come nei Coronavirus (agenti della SARS) di lato.

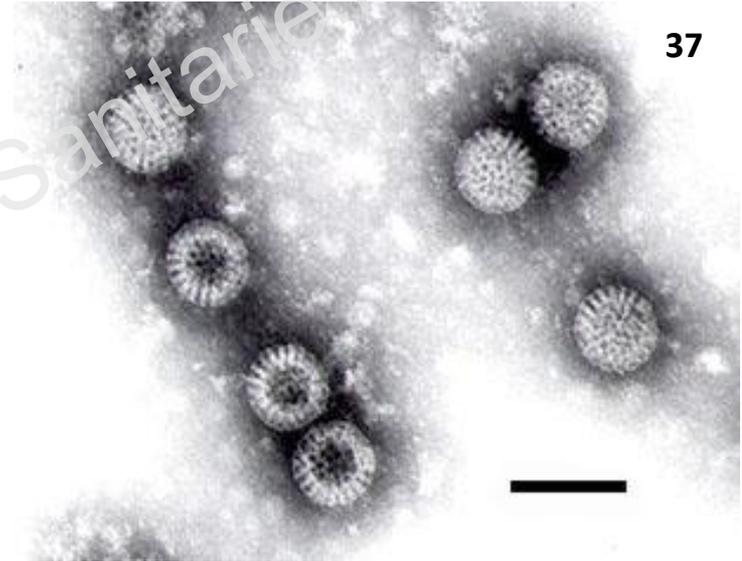


Coronavirus a singolo filamento di RNA

# L'ACIDO NUCLEICO

Oppure è a doppio filamento come nei Rotavirus.

In qualche caso l'acido nucleico è frammentato.



Rotavirus a doppio filamento di RNA

# IL CAPSIDE

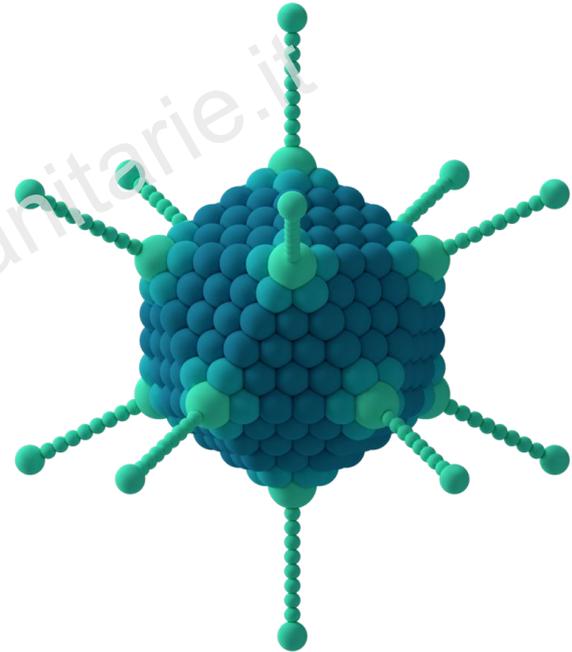
---

BioTecnologieSanitarie.it

## IL CAPSIDE

Il capsid ha una funzione protettiva. Infatti circonda l'acido nucleico.

In più favorisce l'infezione della cellula ospite.

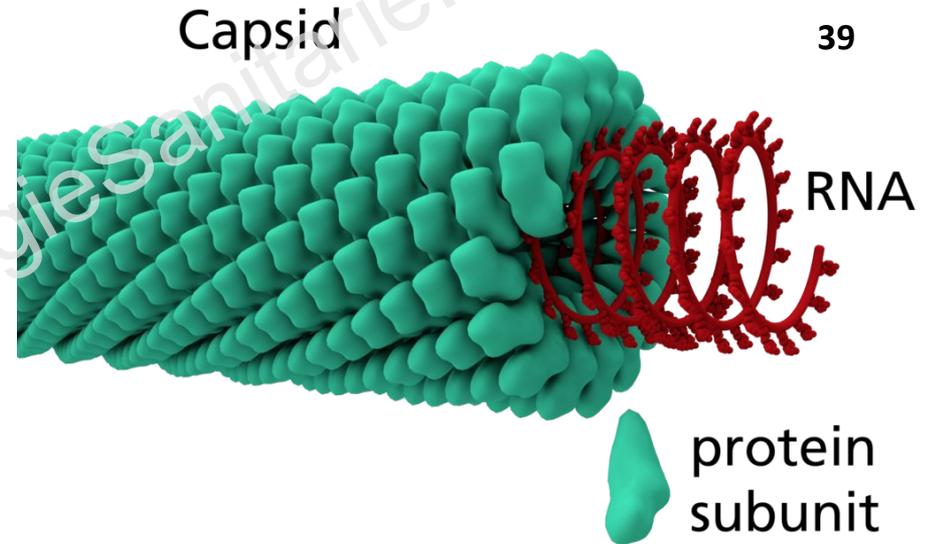


38

Capsid di un rotavirus

# IL CAPSIDE

Il capsid è formato da proteine tutte uguali (**capsomeri**) che sono in grado di auto-assemblarsi in modo sempre uguale.



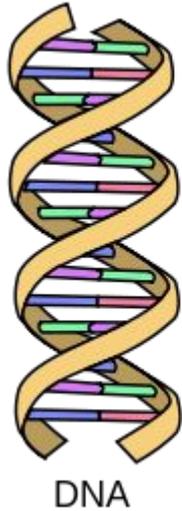
Capside a forma di elica

# APPROFONDIMENTI PER LA PRESENTAZIONE

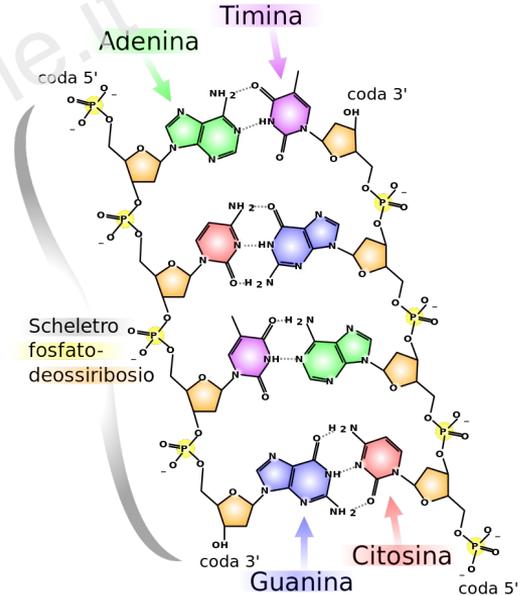
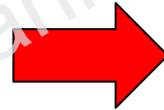
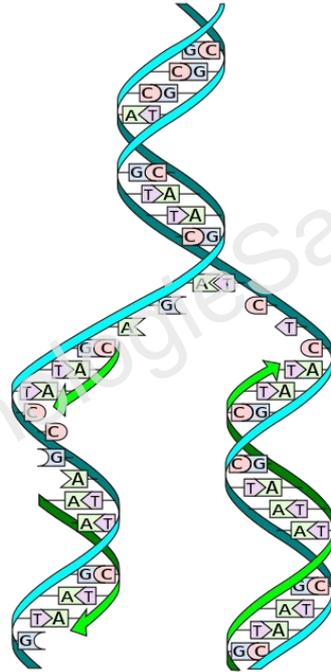
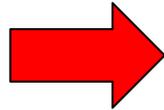
---

# DNA

## La struttura del DNA.



- = Adenina
- = Timina
- = Citosina
- = Guanina
  
- = Struttura laterale (gruppo fosfato e 2-deossiribosio)

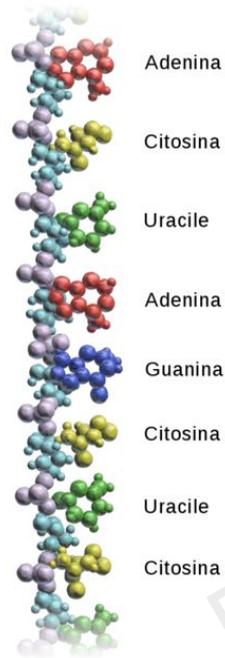


Di Forluvoft - File:DNA simple2.svg, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20370741>

By I, Madprime, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2497221>

Di Nessun autore leggibile automaticamente. Giac83 presunto (secondo quanto affermano i diritti d'autore). - Nessuna fonte leggibile automaticamente. Presunta opera propria (secondo quanto affermano i diritti d'autore)., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2126919><sup>51</sup>

# RNA



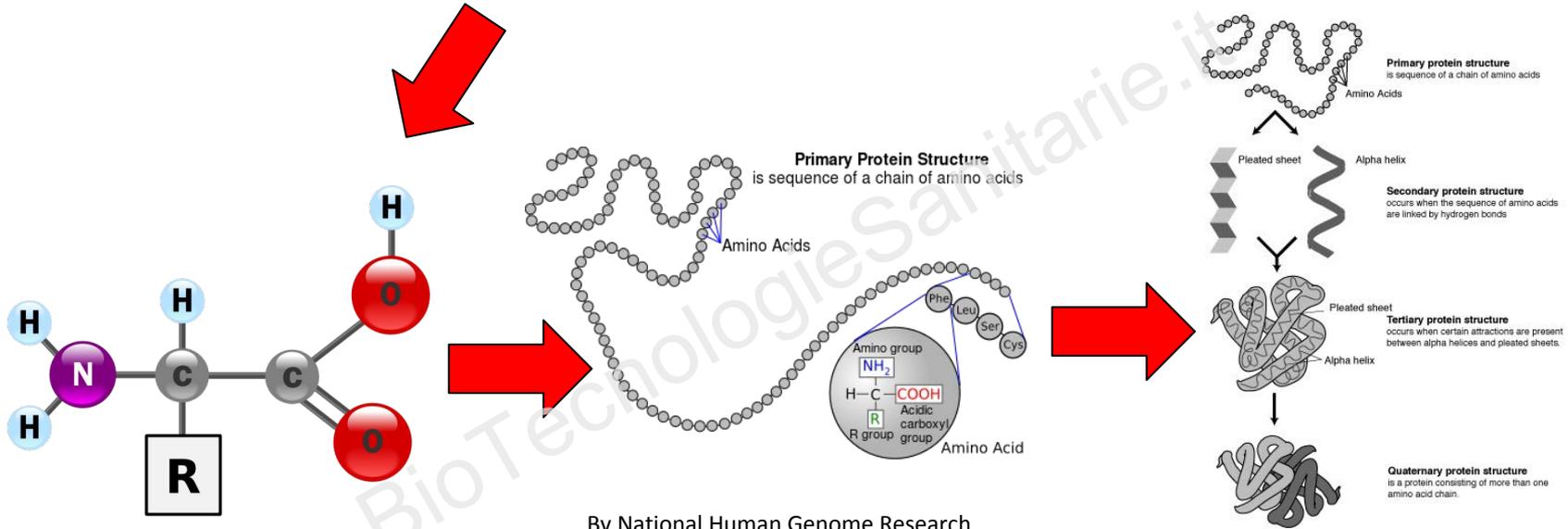
## Molecola di RNA

La struttura dell'RNA è diversa dal DNA per questi fattori:

- la timina è sostituita dall'uracile
- il filamento è unico e non doppio
- lo zucchero è il ribosio e non il desossiribosio

# PROTEINE

## Formate da aminoacidi.



By National Human Genome Research Institute - [http://www.genome.gov/Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/amino\\_acid.shtml](http://www.genome.gov/Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/amino_acid.shtml), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2881202>

Di NHGRI - Courtesy: National Human Genome Research Institute, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1318488>

Di GYassineMrabetTalk ☒ Questo file grafico vettoriale è stato creato con Inkscape - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2551977>

# PHOTO CREDITS

- 1 Di sconosciuto - [http://medhum.med.nyu.edu/blog/wp-content/uploads/2009/07/innoculation\\_1.jpg](http://medhum.med.nyu.edu/blog/wp-content/uploads/2009/07/innoculation_1.jpg), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18795282>
- 2 By Schematic\_diagram\_of\_a\_Chamberland\_filter.jpg: Sarindam7derivative work: Malyszkz (talk) - Schematic\_diagram\_of\_a\_Chamberland\_filter.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15811902>
- 3 <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=2472759>
- 4 By Unknown - <http://wellcomeimages.org/indexplus/image/M0002348.html>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33668284>
- 5 By Unknown - Delft School of Microbiology Archives, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4853437>
- 6 By Mouagip. This vector graphics image was created with Adobe Illustrator. - File:Reassortment HiRes.jpg (Link Studio for NIAID), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15741917>
- 7 By The Owl. - University of Pittsburgh Digital Archives. This photo was previously published in 1957 Owl student yearbook of the University of Pittsburgh, pg.14-15., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8477194>
- 8 By Jewish Chronicle Archive/Heritage-Images<http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/217394/99712/Rosalind-Franklin>, Fair use, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=24959067>
- 9 By Prolineserver (talk) - Own work, GFDL 1.2, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5575822>
- 10 By © 1995 Túrelío (via Wikimedia-Commons), 1995 /, CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2232847>

# PHOTO CREDITS

- 11** Di Renato\_Dulbecco.jpg: Unknown, gift Dr. Dulbeccoderivative work: Materialschemist (talk) - Questo file deriva da Renato Dulbecco.jpg; Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18407743>
- 12** Di [http://profiles.nlm.nih.gov/QL/B/B/K/V/\\_/qlbbkv\\_.jpg](http://profiles.nlm.nih.gov/QL/B/B/K/V/_/qlbbkv_.jpg), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3669952>
- 13** Di User Marcus007 on de.wikipedia - Originally from de.wikipedia; description page is (was) hereThis media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #3802.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=717072>
- 14** Di CDC - Rocky Mountain Spotted Fever info page from the CDC., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1378899>
- 15** Di User:Gia.cossa - Opera propria, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2442748>
- 16** Di Dr Graham Beards - Graham Colm created this work entirely by himself. Transfer from English Wikipedia, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5534348>
- 17** By Clarisse Rovery, Philippe Brouqui, Didier Raoult - Figure 1 from Rovery C, Brouqui P, Raoult D. Questions on Mediterranean spotted fever a century after its discovery. Emerg Infect Dis 14(9), Sept 2008, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16153672>
- 18** Di CDC/ Dr. Frederick A. Murphy - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #1833.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=164632>

# PHOTO CREDITS

- 19** By GrahamColmTalk - I created this work entirely by myself., CC BY-SA 3.0, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=18269364>
- 20** By Cybercobra at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9878954>
- 21** By BruceBlaus - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44921239>
- 22** By Unknown - [1], Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3430584>
- 23** By R.J. Reynolds Tobacco Company Slide Set - USDA Forest Service, <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1402027>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12089941>
- 24** By Thomas Spletstoeser (www.scistyle.com) - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20350921>
- 25** By see Source - Reconfirming the Traditional Model of HIV Particle Assembly. Gross L, PLoS Biology Vol. 4/12/2006, e445. doi:10.1371/journal.pbio.0040445, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1481739>
- 26** Di US National Institute of Health (redrawn by en>User:Carl Henderson) - US National Institute of Health (redrawn by en>User:Carl Henderson)<http://www.niaid.nih.gov/factsheets/howhiv.htm><http://www.niaid.nih.gov/factsheets/graphics/howhiv.jpg>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6416788>
- 27** Par CDC Global — Ebola virus, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36016461>
- 28** Par NIAID — <https://www.flickr.com/photos/niaid/16441626349/in/set-72157646274075631>, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39779720>
- 29** By Dr Graham Beards - en:Image:Phage.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5035798>
- 30** Di Adenosine - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8643737>

# PHOTO CREDITS

**31** [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Biological\\_and\\_technological\\_scales\\_compared-en.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Biological_and_technological_scales_compared-en.svg)

**32** Di Photo Credit:Content Providers(s): CDC/ Dr. Fred Murphy, Sylvia Whitfield - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #1875.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=816997>

**33** Di Photo Credit:Content Providers(s): CDC/ Dr. Fred Murphy; Sylvia Whitfield - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #1849.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1214308>

**34** Di CDC/Dr. Erskine Palmer - [http://phil.cdc.gov/PHIL/Images/08301998/00014/B82-0474\\_lores.jpg](http://phil.cdc.gov/PHIL/Images/08301998/00014/B82-0474_lores.jpg), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=816414>

**35** By Photo Credit:Content Providers(s): CDC/Dr. Erskine Palmer/B.G. Partin - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #1878.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=816522>

**36** Di Photo Credit:Content Providers(s): CDC/Dr. Fred Murphy - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #4814.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=822112>

**37** Di F.P. Williams, U.S. EPA - <http://www.epa.gov/microbes/rota.html>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=532513>

# PHOTO CREDITS

- 38 By Thomas Splettstoesser (www.scistyle.com) - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39378477>
- 39 By Thomas Splettstoesser (www.scistyle.com) - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39379088>

# SITOGRAFIA

- 1 <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-015-0607-3>
- 2 <http://www.cam.ac.uk/research/news/human-genome-includes-foreign-genes-not-from-our-ancestors>