

Prof. Giorgio Sartor

Bioluminescenza

Copyright © 2001-2012 by Giorgio Sartor.
All rights reserved.

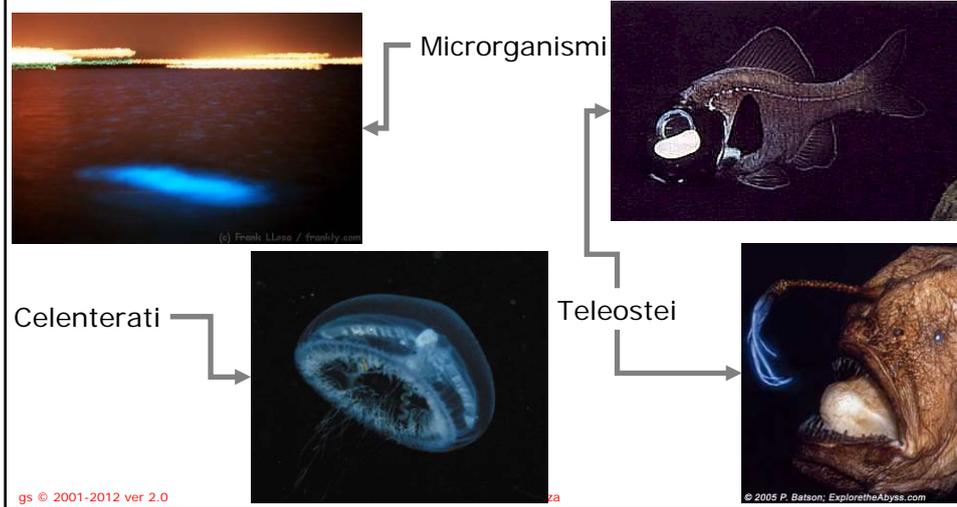
Versione 2.0 - mar 2012

Luminescenza

- Emissione della luce in seguito al passaggio dallo stato eccitato allo stato fondamentale di un elettrone;
- Lo stato eccitato viene raggiunto a seguito di una somministrazione di energia.

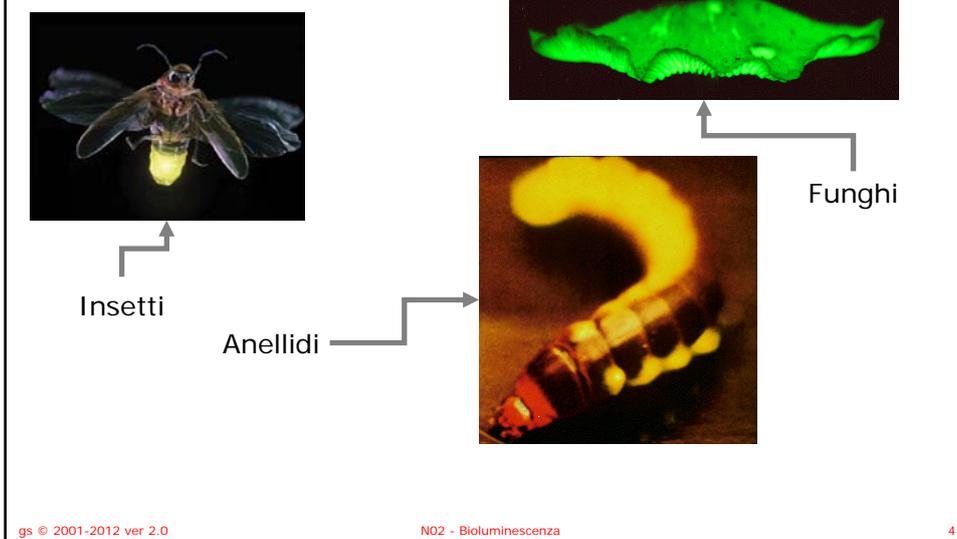
Bioluminescenza

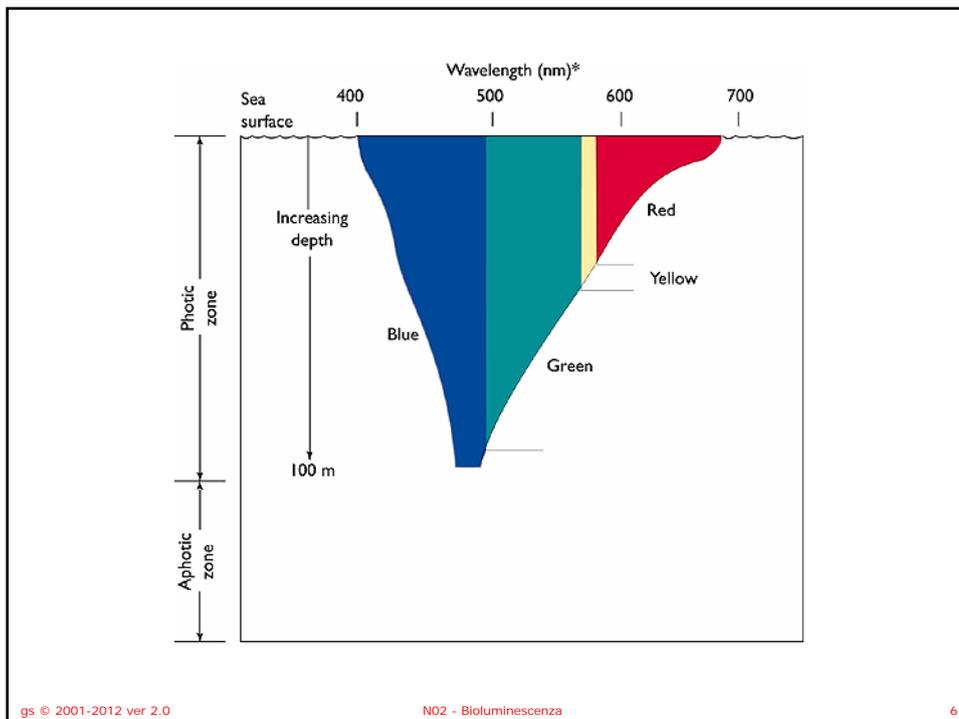
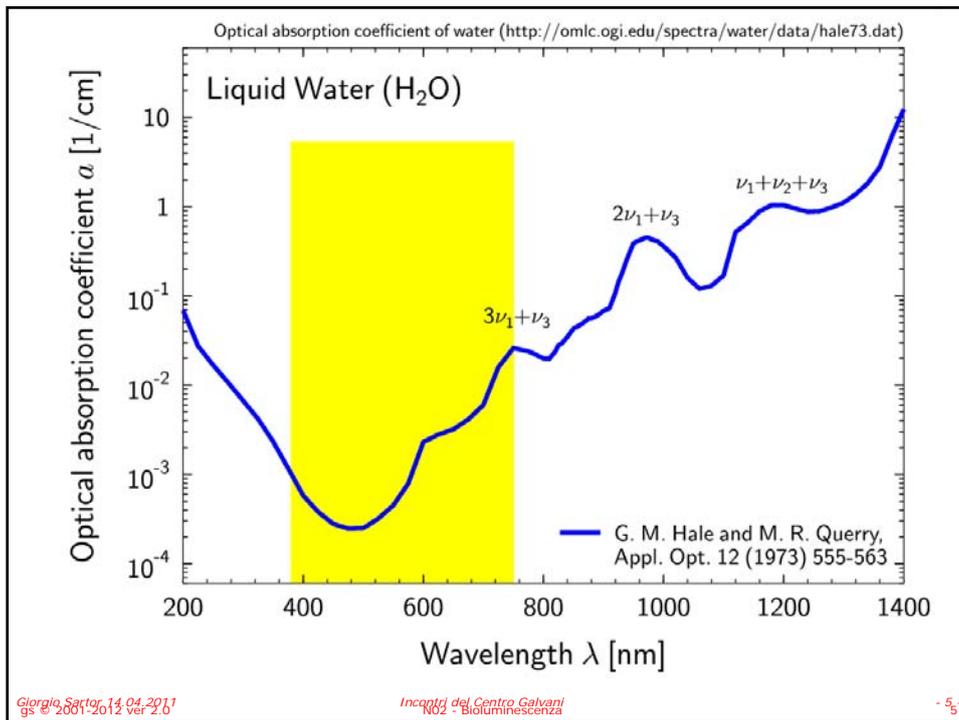
- Il fenomeno della bioluminescenza è proprio di alcuni organismi marini:



Bioluminescenza

- ... e terrestri:





Bioluminescenza

- Gli scopi della bioluminescenza sono molteplici:
 - Comunicazione
 - Difesa
 - Attacco
 - Illuminazione
 - Mimetismo
 - ...

Difesa
Attacco

Mimetismo

Bioluminescenza

- L'emissione della luce da parte di un organismo può essere dovuta alla bioluminescenza propria dell'organismo stesso (luciole, batteri o protozoi ecc.) attraverso un meccanismo molecolare che coinvolge delle reazioni redox o a causa della presenza di batteri simbiotici.

Batteri e protozoi

Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
BATTERI		
<i>Vibrio fischeri</i> e <i>V. harveyi</i> ; <i>P. phosphoreum</i>	Luciferina (aldeide) FMNH2 e O2	478-505
DINOFLAGELLATI		
<i>Gonyaulax</i> e <i>Pyrocystis fusiformis</i>	Luciferina (un pigmento biliare) Luciferasi O2	470

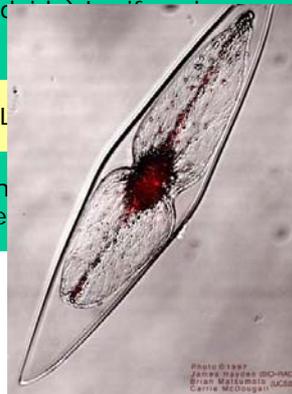
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

9

Batteri e protozoi

Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
BATTERI		
<i>Vibrio fischeri</i> e <i>V. harveyi</i> ; <i>P. phosphoreum</i>	Luciferina (aldeide) FMNH2 e O2	478-505
DINOFLAGELLATI		
<i>Gonyaulax</i> e <i>Pyrocystis fusiformis</i>	Luciferina (un pigmento biliare) Luciferasi O2	470



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

10

Celenterati

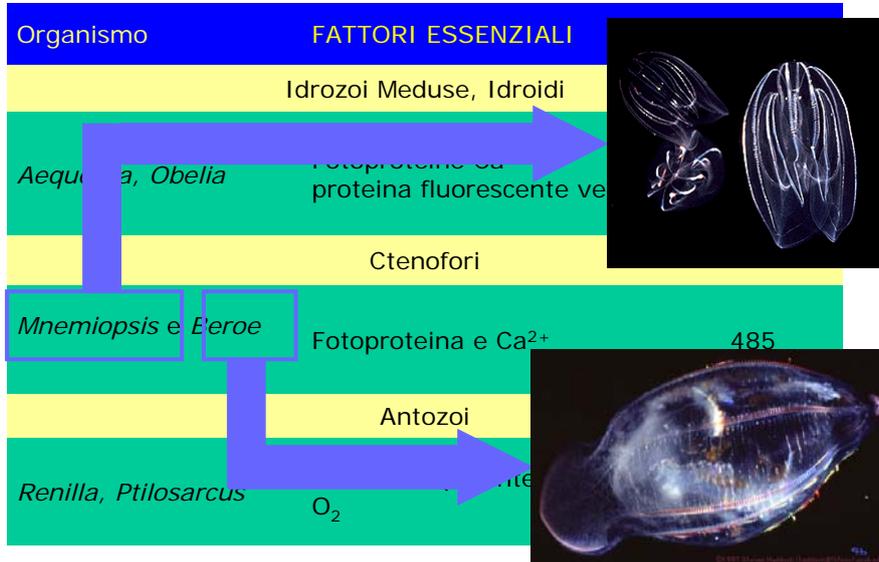
Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Idrozoi Meduse, Idroidi		
<i>Aequorea</i> , <i>Obelia</i>	Fotoproteine Ca^{2+} proteina fluorescente verde	508
Ctenofori		
<i>Mnemiopsis</i> e <i>Beroe</i>	Fotoproteina e Ca^{2+}	485
Antozoi		
<i>Renilla</i> , <i>Ptilosarcus</i>	Luciferina (celenterazina) e O_2	509

Celenterati

Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Idrozoi Meduse, Idroidi		
<i>Aequorea</i> , <i>Obelia</i>	Fotoproteine Ca^{2+} proteina fluorescente verde	508
Ctenofori		
<i>Mnemiopsis</i> e <i>Beroe</i>	Fotoproteina e Ca^{2+}	485
Antozoi		
<i>Renilla</i> , <i>Ptilosarcus</i>	Luciferina (celenterazina) e O_2	509



Celenterati

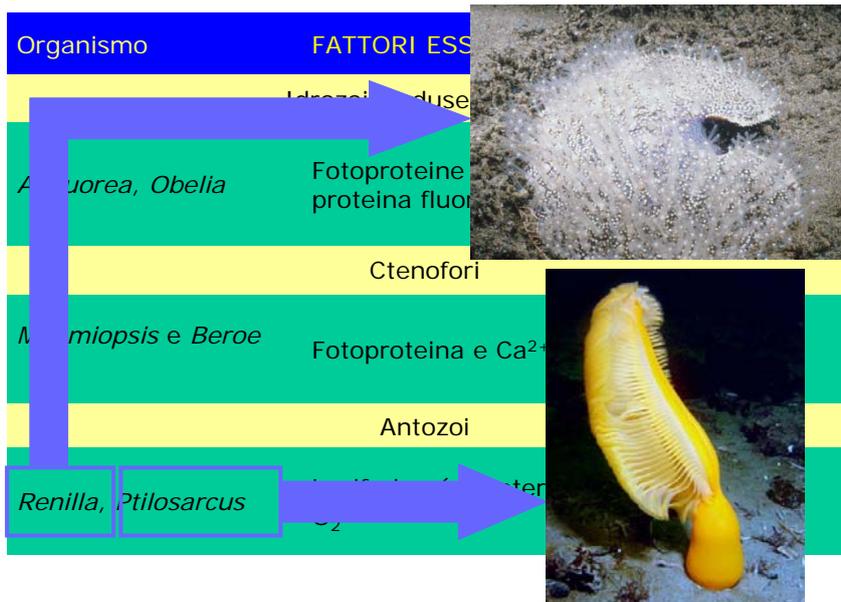


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

13

Celenterati



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

14

Molluschi

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Gasteropodi	<i>Latia</i>	Luciferina Luciferasi proteina porpora e O ₂	535
Bivalvi	<i>Pholas</i>	Luciferina (una proteina) luciferasi (o Fe ²⁺ e O ₂)	490
Cefalopodi	<i>Encloteuthis</i> , <i>Chiroteuthis</i> e <i>Sepiolina</i>	Luciferina (celenterina) Luciferasi e O ₂	

Molluschi

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	
Gasteropodi	<i>Latia</i>	Luciferina proteina p	
Bivalvi	<i>Pholas</i>	Luciferina Fe ²⁺ e O ₂)	
Cefalopodi	<i>Encloteuthis</i> , <i>Chiroteuthis</i> e <i>Sepiolina</i>	Luciferina (celenterina) Luciferasi	

Molluschi

Gastropodi			
Bivalvi	<i>Phol</i>	Luciferina (una proteina) luciferasi (o Fe^{2+} e O_2)	490
Cefalopodi	<i>Encloteuthis</i> , <i>Chroteuthis</i> e <i>Sepiolina</i>	Luciferina (celenterina) Luciferasi e O_2	

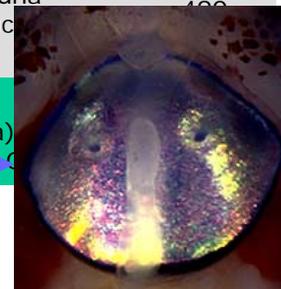
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

17

Molluschi

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Gasteropodi	<i>Latia</i>	Luciferina Luciferasi proteina porpora e O_2	535
Bivalvi	<i>Pholas</i>	Luciferina (una proteina) luciferasi (o Fe^{2+} e O_2)	490
Cefalopodi	<i>Encloteuthis</i> , <i>Chroteuthis</i> e <i>Sepiolina</i>	Luciferina (celenterina) Luciferasi e O_2	



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

18

Crostacei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Ostracodi	<i>Cypridina</i>	Luciferina (cipridina luciferina) e O ₂	465
Gamberetti decapodi	<i>Oplophorus Sergestes</i>	Luciferina (celenterazina) Luciferasi e O ₂	462
Gamberetti eufausidi	<i>Eufhausia</i> e <i>Meganyctiphanis</i>	Fotoproteina sostanza fluorescente	476

Crostacei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	
Ostracodi	<i>Cypridina</i>	Luciferina (cipridina luciferina) e O ₂	
Gamberetti decapodi	<i>Oplophorus Sergestes</i>	Luciferina (celenterazina) Luciferasi e O ₂	
Gamberetti Eufausidi	<i>Eufhausia</i> e <i>Meganyctiphanis</i>	Fotoproteina sostanza fluorescente	

Crostacei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Ostracodi	<i>Cypridina</i>	Luciferina (cipridina)	465
Gamberetti decapodi	<i>Oplophorus</i> <i>Sergestes</i>	Luciferina (cellulare)	476
Gamberetti Eufausidi	<i>Eufhausia</i> e <i>Meganyctiphanis</i>	Fotoproteina sostanza fluorescente	476



Crostacei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI
Ostracodi	<i>Cypridina</i>	Luciferina (cipridina)
Gamberetti decapodi	<i>Oplophorus</i> <i>Sergestes</i>	Luciferina (cellulare) Luciferasi e O ₂
Gamberetti Eufausidi	<i>Eufhausia</i> e <i>Meganyctiphanis</i>	Fotoproteina fluorescente



Teleostei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Stomiatoidei	<i>Argyropelecus e Yarrella</i>	Luciferina (celenterina)	459
Mictofidi	<i>Diaphus</i>	Luciferasi e O ₂	
Batracoidi	<i>Porichthys</i>		459
Apogonidi	<i>Apogon</i>	Luciferina (cypridina luciferina)	459
Pemperidi	<i>Parapriacanthus</i>	Luciferasi e O ₂	459

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

23

Teleostei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Stomiatoidei	<i>Argyropelecus e Yarrella</i>	Luciferina (celenterina)	459
Mictofidi	<i>Diaphus</i>	Luciferasi e O ₂	
Batracoidi	<i>Porichthys</i>		459
Apogonidi	<i>Apogon</i>	Luciferina (cypridina luciferina)	459
Pemperidi	<i>Parapriacanthus</i>	Luciferasi e O ₂	459



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

24

Teleostei

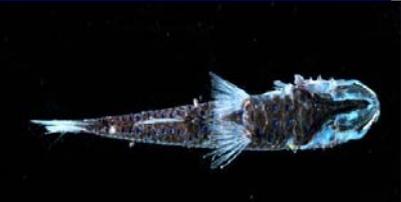
	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Stomiatoidei	<i>Argyrops</i> e <i>Yarella</i>	Luciferina (celenterina)	459
Mictofidi	<i>Diaphus</i>	Luciferasi e O ₂	
Batracoidi	<i>Pomphlythys</i>		459
		Luciferina (cypridina luciferina)	459
		Luciferasi e O ₂	459

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

25

Teleostei

	Organismo		
Stomiatoidei	<i>Argyrops</i> e <i>Yarella</i>		
Mictofidi	<i>Diaphus</i>		Luciferasi e O ₂
Batracoidi	<i>Pomphlythys</i>		
Apogonidi	<i>Apogon</i>		
Pemperidi	<i>Parapriacanthus</i>		Luciferasi e O ₂ 459

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

26

Teleostei

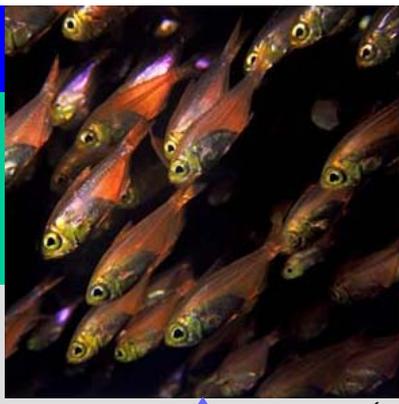
	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Stomiatoidei	<i>Argyropelecus e Yarrella</i>		459
Mictofidi	<i>Diap...s</i>		
Batracoidi	<i>Porichthys</i>		459
Apogonidi	<i>Apogon</i>		
Pemperidi	<i>Parapriacanthus</i>		

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

27

Teleostei

	Organismo	FATTORI ESSENZIALI	λ (nm)
Stomiatoidei		Luciferina (cypridina e lenterina)	459
Mictofidi		Luciferasi e O ₂	
Batracoidi	<i>Apogon</i>	Luciferina (cypridina e luciferina)	459
Apogonidi			
Pemperidi			

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

28

Batteri simbioti

- Il batterio marino *Vibrio fischeri* in natura esiste allo stato planctonico o come simbiote di pesci e seppie luminescenti
- Colonizza organi specializzati nell'animale ospite (*Euprymna scolopes*, *Anomalops katoptron*, *Photoblepharon*) che usa la luminescenza di *V. fischeri* come esca per le prede o come camuffamento dalla luce lunare,
- La sorgente di luce sono i batteri che allo stato libero non emettono luce.
- Il meccanismo con il quale *V. fischeri* regola la propria bioluminescenza è legato alla presenza di un segnale chimico di consenso via N-acil-L-omoserina lattone (AHL).



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

29

Batteri simbioti

- Il batterio marino *Vibrio fischeri* in natura esiste allo stato planctonico o come simbiote di pesci e seppie luminescenti
- Colonizza organi specializzati nell'animale ospite (*Euprymna scolopes*, *Anomalops katoptron*, *Photoblepharon*) che usa la luminescenza di *V. fischeri* come esca per le prede o come camuffamento dalla luce lunare,
- La sorgente di luce sono i batteri che allo stato libero non emettono luce.
- Il meccanismo con il quale *V. fischeri* regola la propria bioluminescenza è legato alla presenza di un segnale chimico di consenso via N-acil-L-omoserina lattone (AHL).



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

30

Batteri simbioti

- Il batterio marino *Vibrio fischeri* in natura esiste allo stato planctonico o come simbiote di pesci e seppie luminescenti
- Colonizza organi specializzati nell'animale ospite (*Euprymna scolopes*, *Anomalops katoptron*, *Photoblepharon*) che usa la luminescenza di *V. fischeri* come esca per le prede o come camuffamento dalla luce lunare,
- La sorgente di luce sono i batteri che allo stato libero non emettono luce.
- Il meccanismo con il quale *V. fischeri* regola la propria bioluminescenza è legato alla presenza di un segnale chimico di consenso via N-acil-L-omoserina lattone (AHL).



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

31

Batteri simbioti

- Il batterio marino *Vibrio fischeri* in natura esiste allo stato planctonico o come simbiote di pesci e seppie luminescenti
- Colonizza organi specializzati nell'animale ospite (*Euprymna scolopes*, *Anomalops katoptron*, *Photoblepharon*) che usa la luminescenza di *V. fischeri* come esca per le prede o come camuffamento dalla luce lunare,
- La sorgente di luce sono i batteri che allo stato libero non emettono luce.
- Il meccanismo con il quale *V. fischeri* regola la propria bioluminescenza è legato alla presenza di un segnale chimico di consenso via N-acil-L-omoserina lattone (AHL).



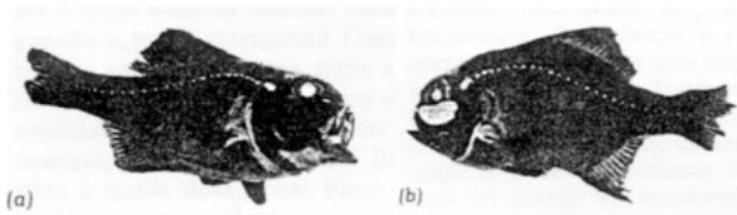
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

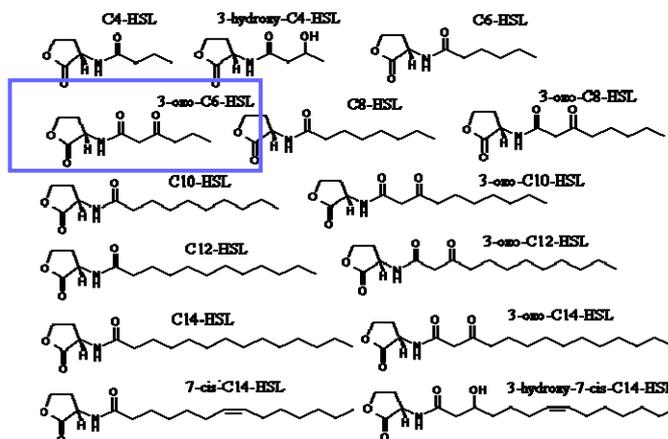
32

Photoblepharon

- Possiede un sistema per aprire e chiudere l'organo fotoforo.



N-acil-L-omoserina lattone (AHL)



Batteri simbiotici

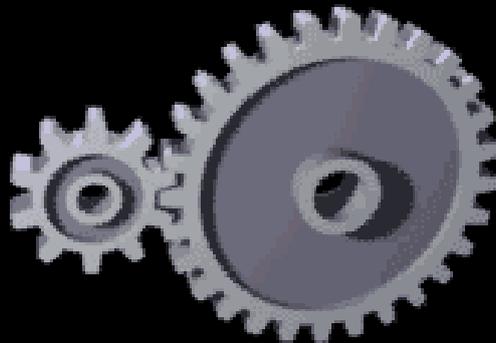
- Il segnale di consenso è legato alla sintesi e all'accumulo del segnale chimico di consenso (3-ossido-C6-HSL, AHL).
- In *V. fischeri*, il segnale è sintetizzato dalla proteina LuxI e raccolto dalla proteina LuxR.
- Quando *V. fischeri* è a bassa densità il segnale chimico è basso.
- Quando la densità cresce (nei organi fotofori) il segnale si accumula ed interagisce con LuxR.
- Il complesso LuxR/AHL si lega alla regione del DNA chiamata "lux box" causando l'attivazione del gene per la sintesi delle proteina che provocano la bioluminescenza,
- Inoltre il complesso LuxR/AHL provoca la biosintesi di AHL (via LuxI) la cui sintesi viene quindi autoindotta
- Allo stato planctonico i batteri sono "bui" mentre nei fotofori sono luminosi.



Il fenomeno

- Emissione di luce da una molecola che, dallo stato eccitato, decade allo stato fondamentale;
- Lo stato eccitato viene raggiunto a seguito di una somministrazione di energia: **Luminescenze diverse**

Il meccanismo



Diversi tipi di luminescenza

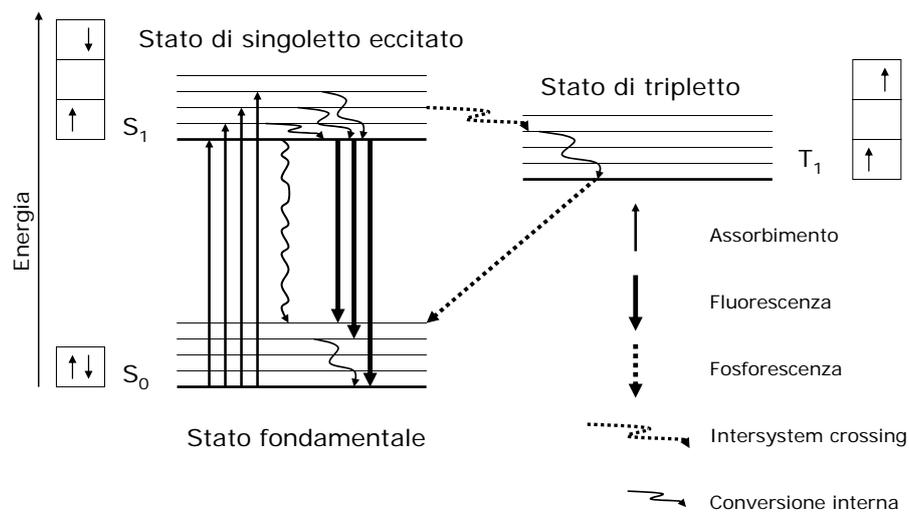
TIPO	CAUSA
Elettroluminescenza	corrente elettrica in gas ionizzato o semiconduttore
Radioluminescenza	materiale radioattivo incorporato nel fosforo
Chemiluminescenza	reazione chimica
Bioluminescenza	reazione enzimatica
Termoluminescenza	temperatura e radioattività
Triboluminescenza	rottura di cristalli
Sonoluminescenza	onde sonore in liquidi
Fotoluminescenza	assorbimento di luce

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

39

Le transizioni elettroniche (Diagramma di Jablonsky)

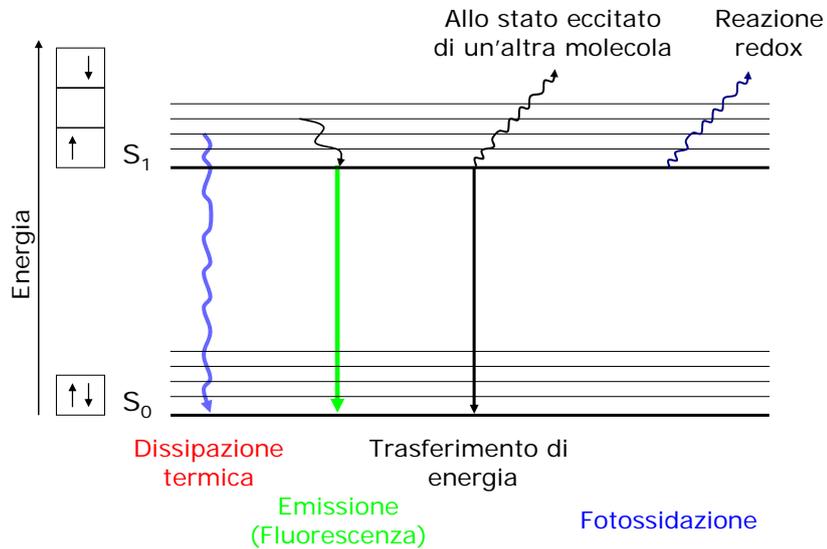


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

40

Disattivazione dello stato eccitato



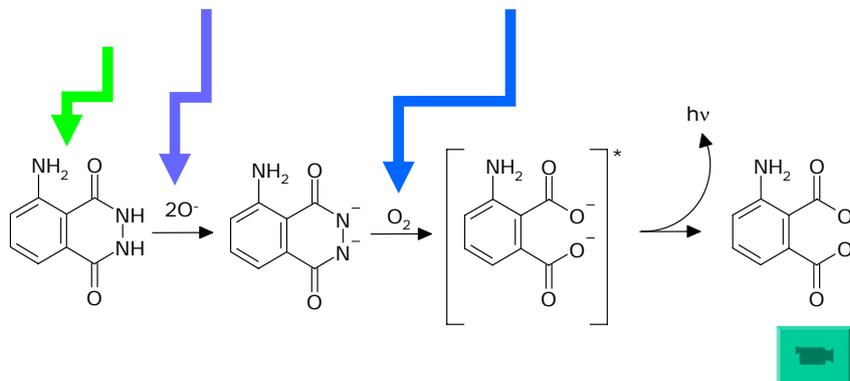
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

41

Chemiluminescenza

- La luminescenza che viene emessa nel corso di una reazione chimica ha a che fare in genere con un'ossidazione. L'ossidazione può avvenire a causa di [acqua ossigenata](#) e dell'[ossigeno atmosferico](#) come nel [Luminolo](#)



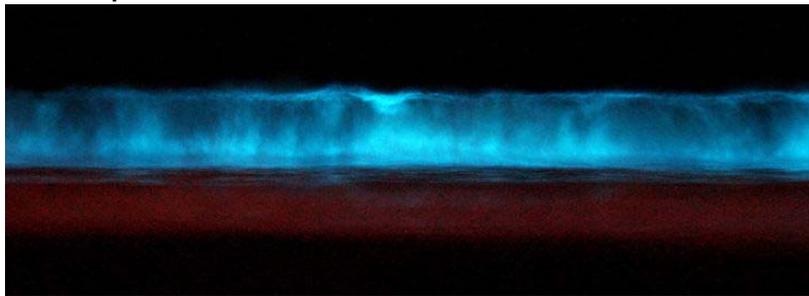
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

42

Bioluminescenza

- Luminescenza prodotta da reazione catalizzate da enzimi.
- Fotoproteine.



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

43

Luciferasi

- Le luciferasi appartengono ad una classe di enzimi redox che hanno affinità diverse per le diverse luciferine:
 - EC 1.13.12.5
 - Renilla-luciferina 2-monoossigenasi; Renilla-type luciferasi; Aequorina; Obelina; Luciferase (Renilla luciferina)
 - EC 1.13.12.6
 - Cipridina-luciferina 2-monoossigenasi; Cipridina-type luciferasi; Luciferasi (Cipridina luciferina); Cipridina luciferasi
 - EC 1.13.12.7
 - Fotinus-luciferina 4-monoossigenasi (ATP-asi); Luciferasi delle lucciole; *Photinus pyralis* luciferasi
 - EC 1.13.12.8
 - Watasenia-luciferina 2-monoossigenasi; Watasenia-type luciferasi
 - EC 1.13.12.13
 - Oploforus-luciferin 2-monoossigenasi; Oploforus luciferasi
 - EC 1.14.99.21
 - Latia-luciferina monoossigenasi (demetilante); Luciferasi (Latia luciferina)

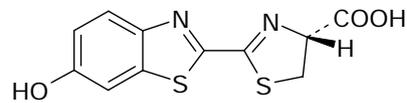
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

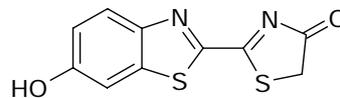
44

Gruppi prostetici di fotoproteine

- Responsabili dell'emissione di luce sono, generalmente, proteine che permettono l'ossidazione di un gruppo prostetico.
- I gruppi prostetici sono diversi tra i vari organismi, anche se vengono spesso chiamati con lo stesso nome di *luciferina*.



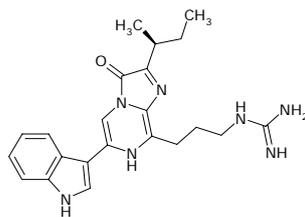
D(-) Luciferina



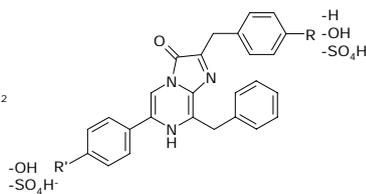
Ossiluciferina

Gruppi prostetici di fotoproteine

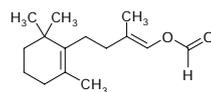
- In mare



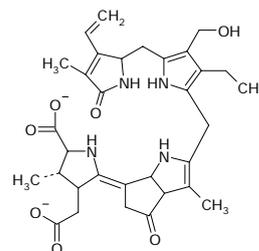
**Cipridina Luciferina
(Vargulina)**



Celenterazine



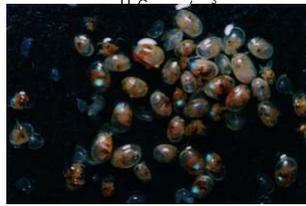
**Luciferina
di Latia (*Latiidae*)**



**Luciferina
dei dinoflagellati**

Gruppi prostetici di fotoproteine

- In mare



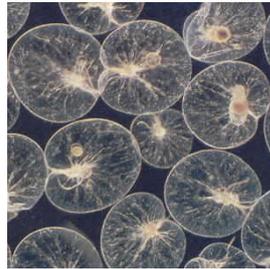
Cypripina Luciferina (Vargulina)



Celenterazine



Luciferina di Latia (Latidae)



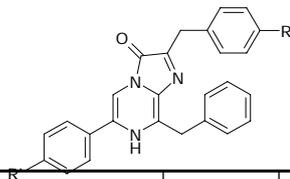
Luciferina dei dinoflagellati

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

47

Celenterazine



Origine	R	R'
Renilla kolikeri	-H	-OH
Watasenia scintellans	-OSO ₃ H	-OSO ₃ H
Oplophorus gracilorostris	-OH	-OH



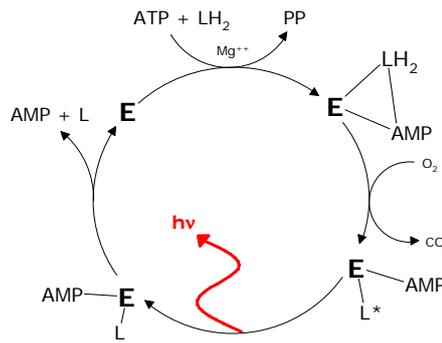
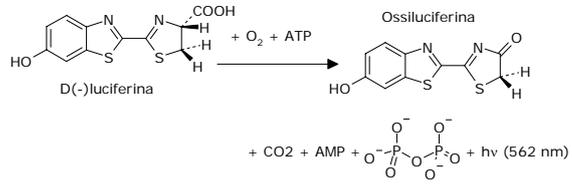
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

48

Bioluminescenza

- In alcune specie l'ossidazione è provocata da una LUCIFERASI ATP dipendente con rilascio di AMP e ossiluciferina.

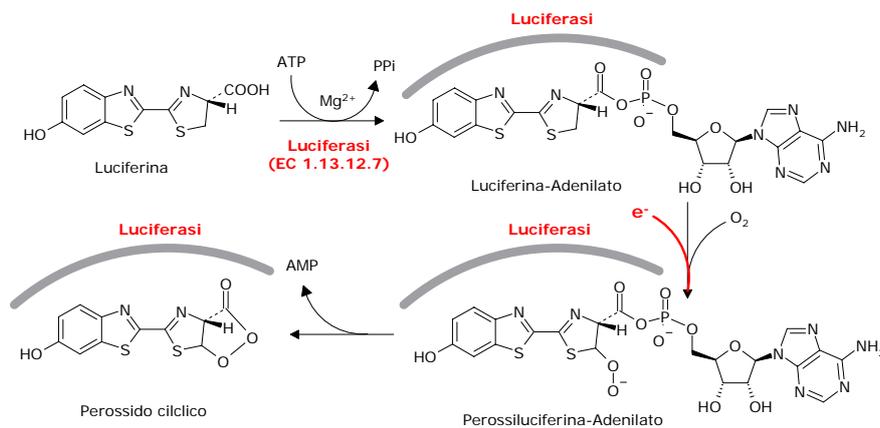


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

49

Sistema luciferina-luciferasi

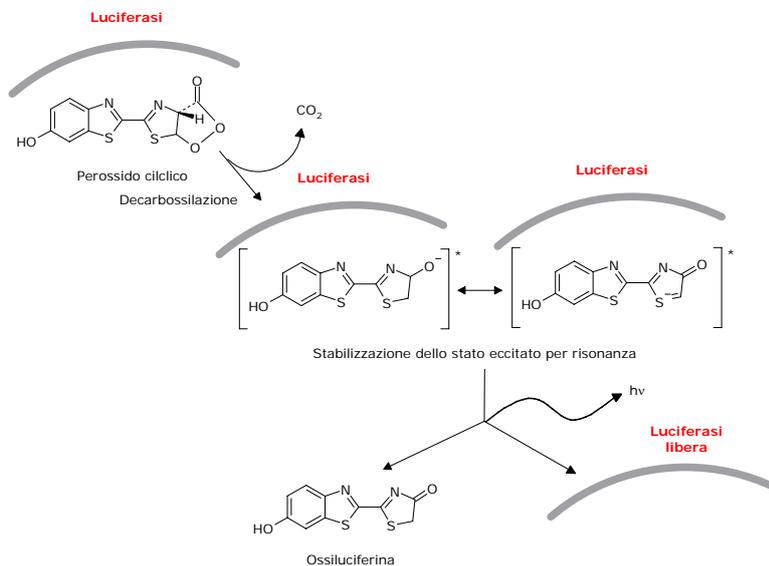


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

50

Sistema luciferina-luciferasi



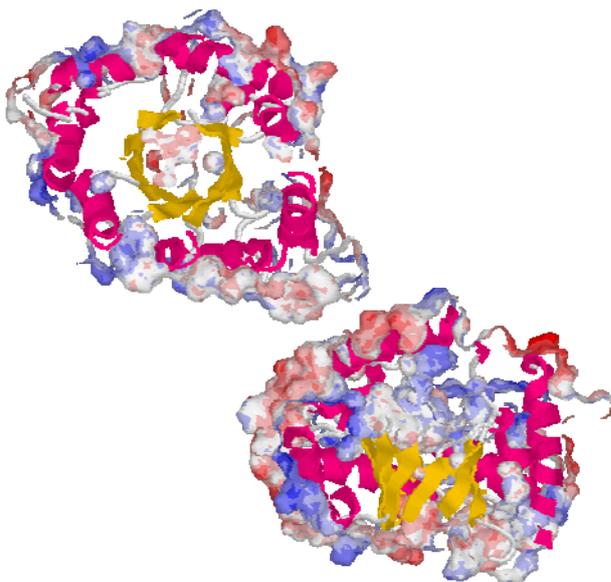
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

51

Bioluminescenza

- Il processo ossidativo viene catalizzato da LUCIFERASI che hanno una LUCIFERINA come gruppo prostetico e che utilizzano come sorgenti di elettroni una deviazione della catena respiratoria



gs © 2001-2012 ver 2.0

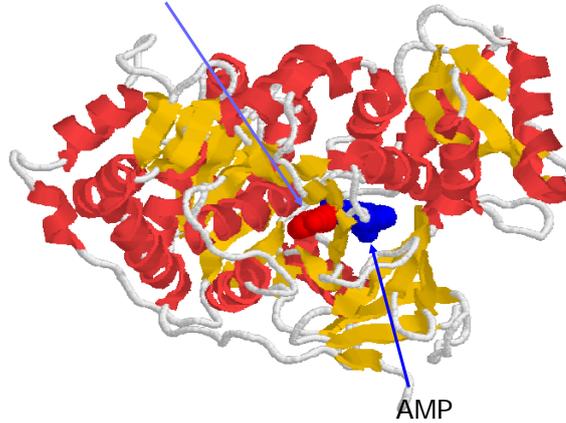
N02 - Bioluminescenza

52

Bioluminescenza

- In alcune specie l'ossidazione è provocata da una LUCIFERASI ATP dipendente con rilascio di AMP e ossiluciferina.

Ossiluciferina



gs © 2001-2012 ver 2.0

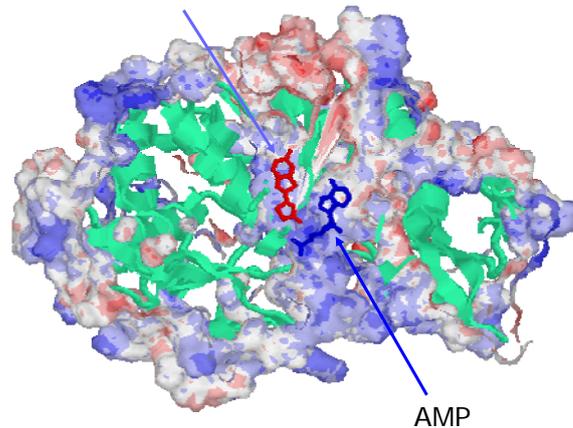
N02 - Bioluminescenza

53

Bioluminescenza

- In alcune specie l'ossidazione è provocata da una LUCIFERASI ATP dipendente con rilascio di AMP e ossiluciferina.

Ossiluciferina



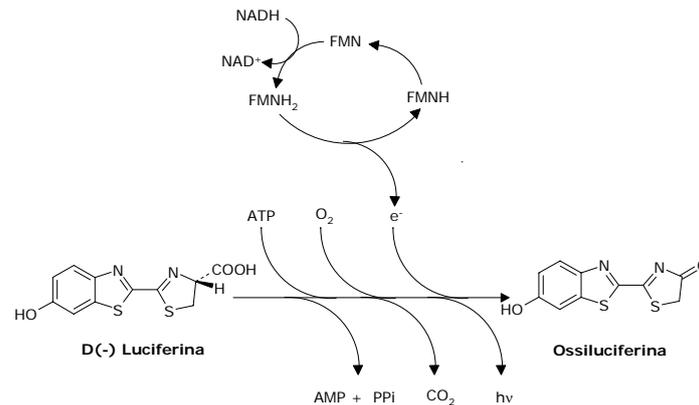
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

54

Sistema luciferina-luciferasi

- È alimentato da elettroni provenienti dalla normale catena respiratoria batterica, per mezzo della quale una frazione di e^- viene trasferita dal substrato all'ossigeno.



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

55

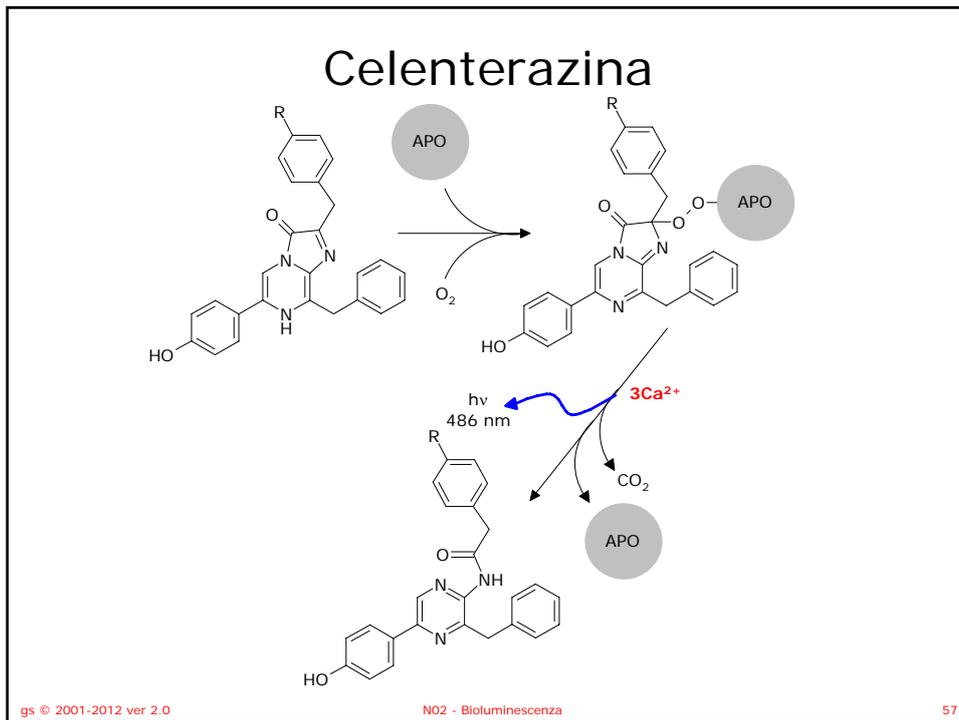
Celenterazina

- Un altro gruppo prostetico molto importante nel fenomeno della bioluminescenza di animali marini è la **celenterazina** che emette luce a seguito di un'ossidazione Ca²⁺ dipendente.
- La reazione è catalizzata da un enzima come la obelina (*Obelia geniculata*) o acqueorina (*Aequorea aequorea* e *A. victoria*)

gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

56



Bioluminescenza da celenterazina

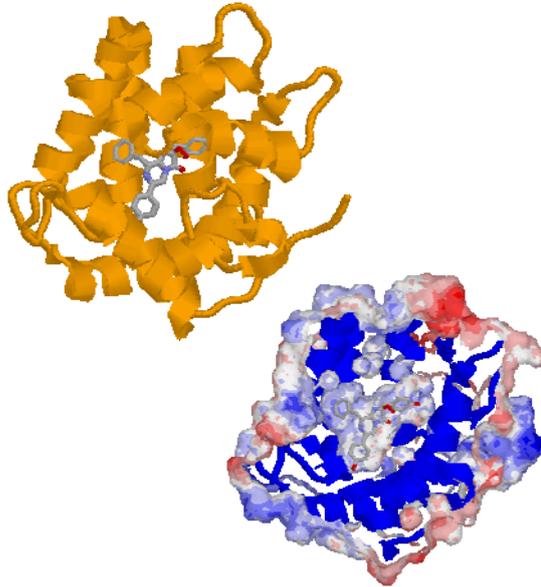
- In alcuni animali mari la bioluminescenza è dovuta ad una ossidazione Ca^{2+} dipendente della celenterazina.
- La reazione è catalizzata da enzimi come la obelina (da *Obelia geniculata*) o acqueorina (da *Aequorea aequorea* e *A. victoria*).

A photograph of a bioluminescent marine organism, likely a colonial invertebrate like *Obelia*, showing glowing structures against a dark background. A blue arrow points from the text to the image.

gs © 2001-2012 ver 2.0 N02 - Bioluminescenza 58

Bioluminescenza da celenterazina

- In alcuni animali mari la bioluminescenza è dovuta ad una ossidazione Ca^{2+} dipendente della celenterazina.
- La reazione è catalizzata da enzimi come la *obelina* (da *Obelia geniculata*) o *acqueorina* (da *Aequorea aequorea* e *A. victoria*).



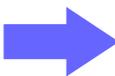
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

59

Bioluminescenza da celenterazina

- In alcuni animali mari la bioluminescenza è dovuta ad una ossidazione Ca^{2+} dipendente della celenterazina.
- La reazione è catalizzata da enzimi come la *obelina* (da *Obelia geniculata*) o *acqueorina* (da *Aequorea aequorea* e *A. victoria*).



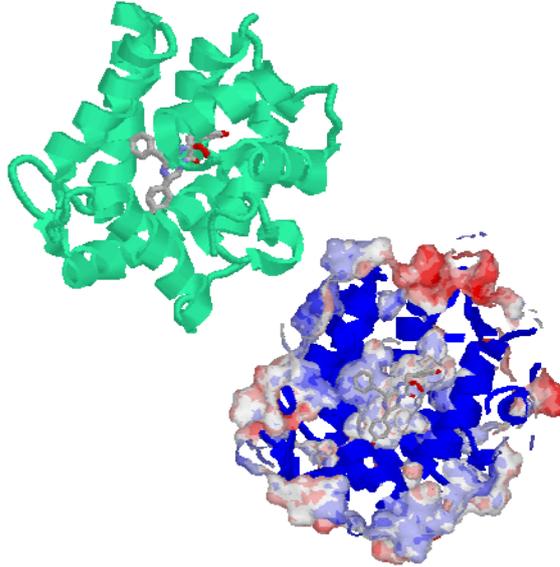
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

60

Bioluminescenza da celenterazina

- In alcuni animali mari la bioluminescenza è dovuta ad una ossidazione Ca^{2+} dipendente della celenterazina.
- La reazione è catalizzata da enzimi come la obelina (da *Obelia geniculata*) o acqueorina (da *Aequorea aequorea* e *A. victoria*).



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

61

Colori diversi...

- Per *Renilla kolikeri*, *Aequorea aequorea* e *A. victoria* ed altri organismi, vi è una ulteriore complicazione al fenomeno della bioluminescenza.
- Possiedono, oltre ad un proprio sistema luciferina/luciferasi che genera luce blu, anche una proteina fluorescente che permette loro di emettere luce nel verde
- La Green Fluorescent Protein (GFP).

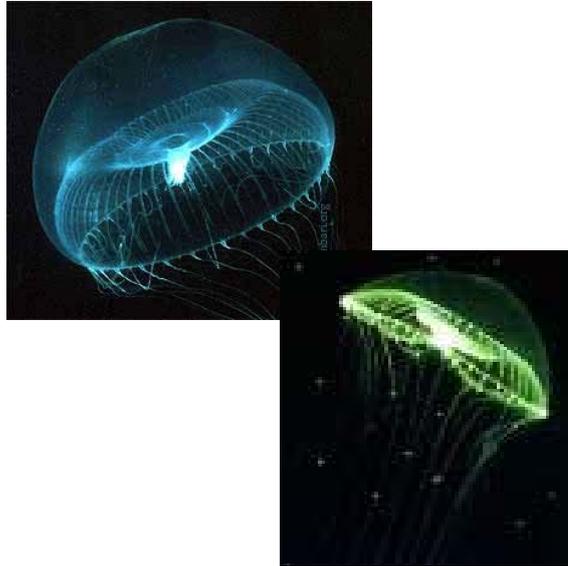
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

62

GFP

- La medusa *A. victoria* presenta una curiosa luminescenza verde dovuta ad una proteina con un peculiare gruppo prostetico.
- Tale gruppo prostetico NON emette luce per fenomeni ossidativi ma "cambia" il colore della bioluminescenza.



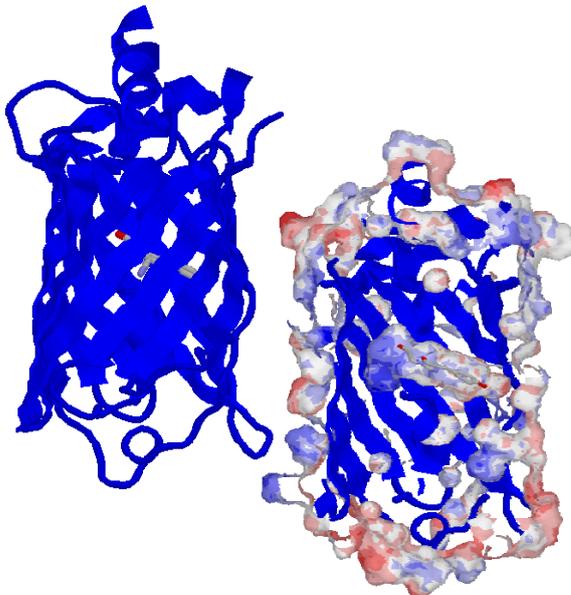
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

63

GFP

- La Green Fluorescent Protein ha una struttura "beta can" fatta di 11 β -strands
- Contiene al suo interno una cavità idrofobica con una catena di tre AA (Ser-Tyr-Gly) modificati per formare un fluoroforo caratteristico



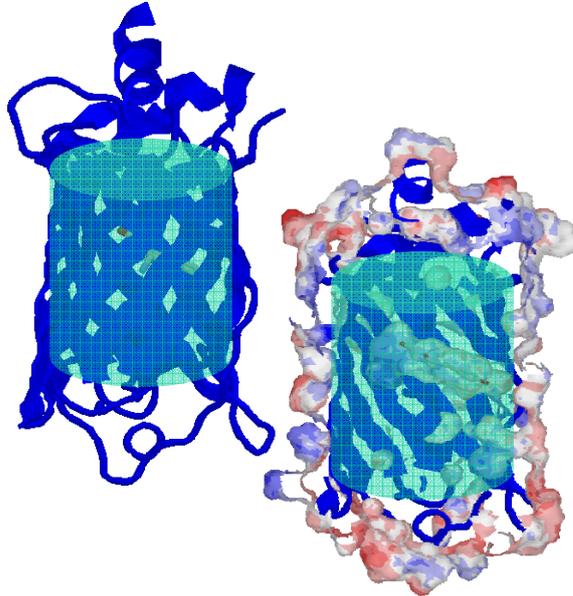
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

64

GFP

- La Green Fluorescent Protein ha una struttura "beta can" fatta di 11 β -strands
- Contiene al suo interno una cavità idrofobica con una catena di tre AA (Ser-Tyr-Gly) modificati per formare un fluoroforo caratteristico



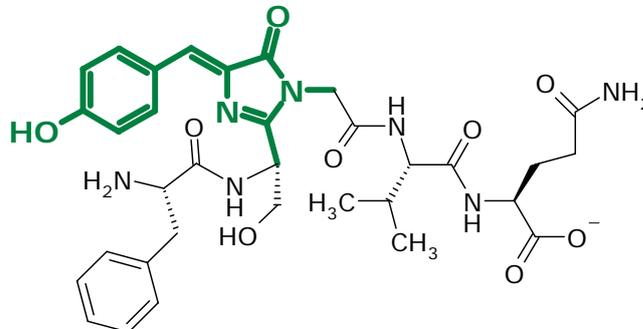
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

65

GFP

- Il fluoroforo vero e proprio è formato dall'anello fenolico della Tyr66 connesso con un ponte metilenico all'imidazolo formato dalla Ser 65 e Gly67



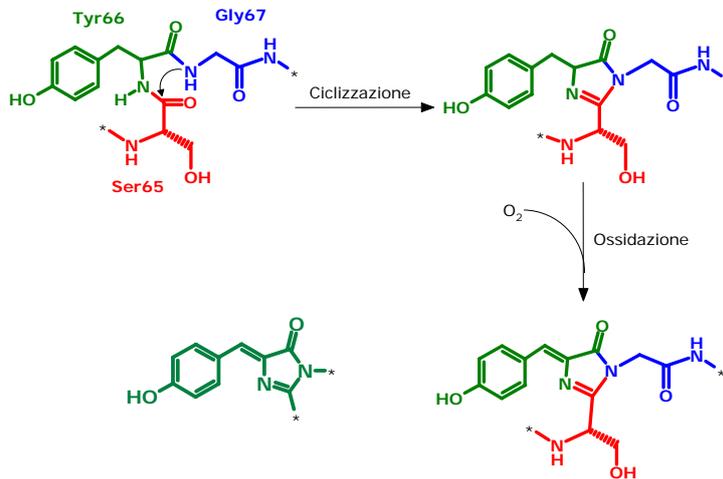
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

66

GFP

- Il fluoroforo deriva da una modificazione post-traduzionale della proteina.



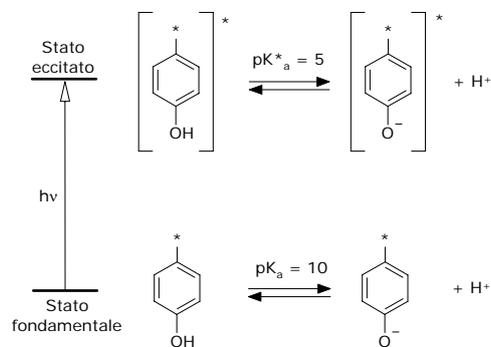
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

67

Fotofisica della GFP

- La capacità della GFP di emettere luce verde deriva dalla proprietà della tirosina di avere diversi pK_a di dissociazione dell'OH fenolico se allo stato fondamentale o allo stato eccitato:



gs © 2001-2012 ver 2.0

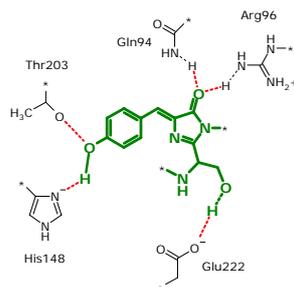
N02 - Bioluminescenza

68

Fotofisica della GFP

- Inoltre, nella GFP la forma deprotonata della Tyr66 è stabilizzata da interazioni con altri residui:
 - Legame idrogeno tra OH fenolico e His 148 e Thr203,
 - Legame idrogeno tra ossigeno carbonilico e Gln94 e Arg96
 - Legame idrogeno tra OH di Ser65 con Glu222

FORMA PROTONATA



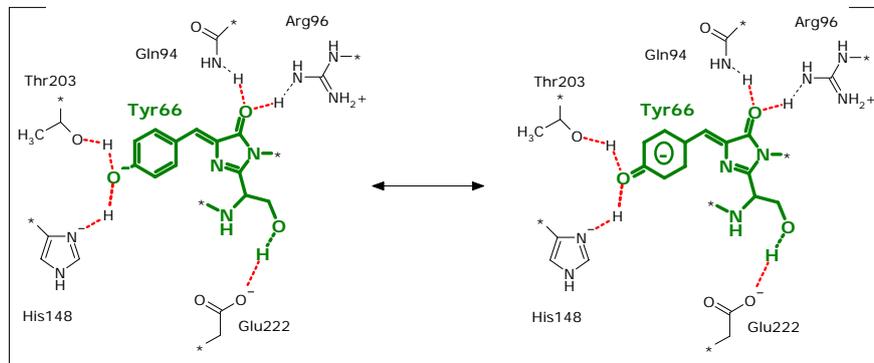
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

69

Fotofisica della GFP

- Inoltre, nella GFP la forma deprotonata della Tyr66 è stabilizzata da interazioni con altri residui:
 - Legame idrogeno tra OH fenolico e His 148 e Thr203,
 - Legame idrogeno tra ossigeno carbonilico e Gln94 e Arg96
 - Legame idrogeno tra OH di Ser65 con Glu222

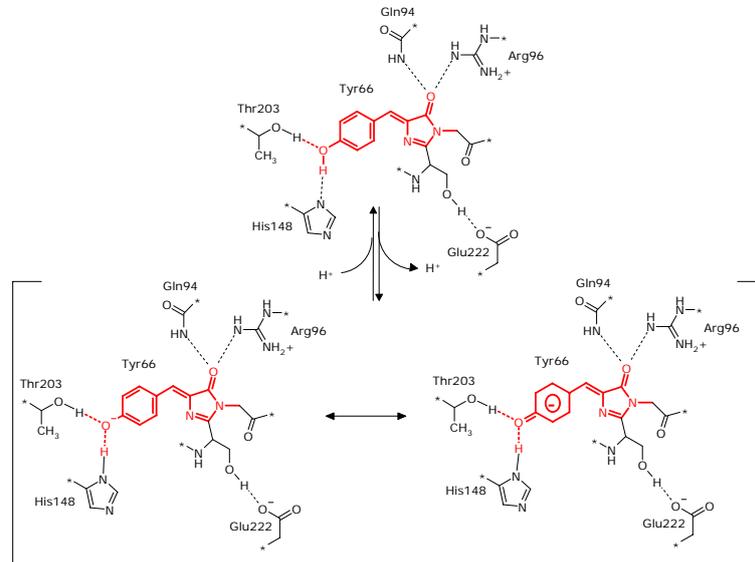


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

70

Fotofisica della GFP



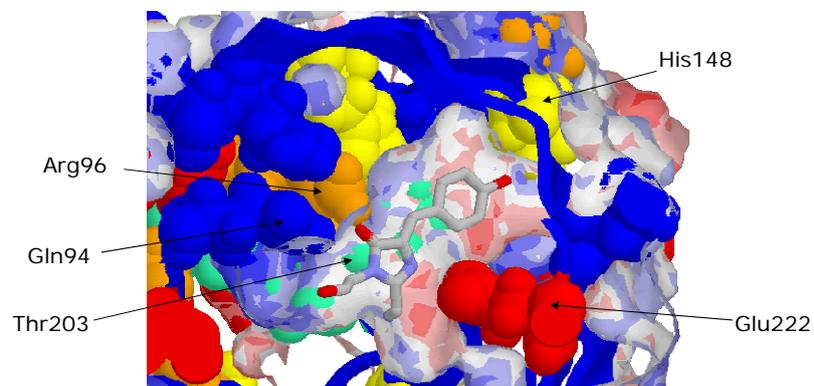
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

71

Fotofisica della GFP

- Inoltre, nella GFP la forma deprotonata della Tyr66 è stabilizzata da interazioni con altri residui:
 - Legame idrogeno tra OH fenolico e His 148 e Thr203,
 - Legame idrogeno tra ossigeno carbonilico e Gln94 e Arg96
 - Legame idrogeno tra OH di Ser65 con Glu222

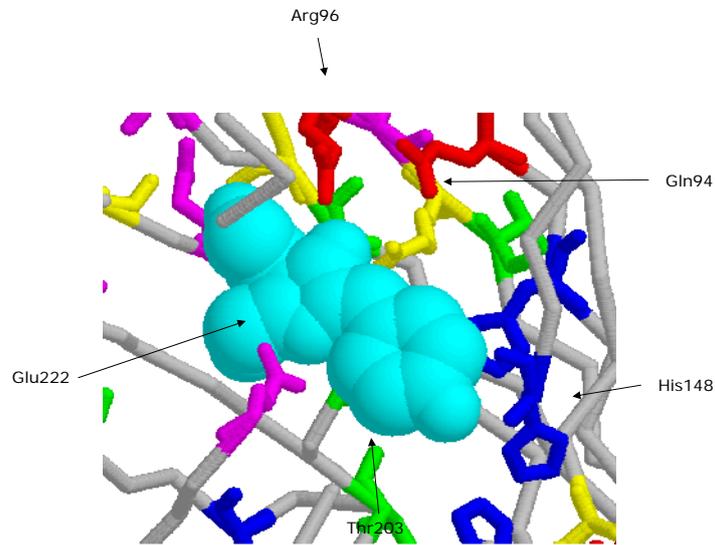


gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

72

Fotofisica della GFP



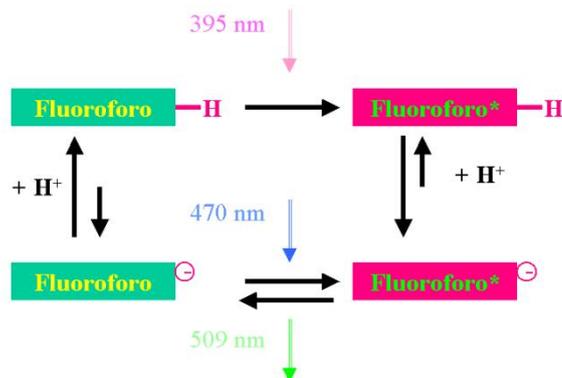
gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

73

Fotofisica della GFP

- La capacità di stabilizzare la forma TyrO⁻ rende il fluoroforo della GFP eccitabile a 470 nm (blu) dove emette il sistema luciferina luciferasi della *A. victoria* con emissione verde (509-540nm).



gs © 2001-2012 ver 2.0

N02 - Bioluminescenza

74

Referenze sul WEB

- Vie metaboliche
 - KEGG: <http://www.genome.ad.jp/kegg/>
 - Degradazione degli xenobiotici: <http://www.genome.ad.jp/kegg/pathway/map/map01196.html>
- Struttura delle proteine:
 - Protein data bank (Brookhaven): <http://www.rcsb.org/pdb/>
 - Hexpasy
 - Expert Protein Analysis System: <http://us.expasy.org/sprot/>
 - Prosite (protein families and domains): <http://www.expasy.org/prosite/>
 - Enzyme (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>
 - Scop (famiglie strutturali): <http://scop.berkeley.edu/>
- Enzimi:
 - Nomenclatura - IUBMB: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/>
 - Proprietà - Brenda: <http://www.brenda.uni-koeln.de/>
 - Expasy (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>
- Database di biocatalisi e biodegradazione: <http://umbbd.ahc.umn.edu/>
- Citocromo P450: <http://www.icgeb.org/~p450srv/>
- Metallotioneine: <http://www.unizh.ch/~mtpage/MT.html>
- Tossicità degli xenobiotici: Agency for Toxic Substances and Disease Registry <http://www.atsdr.cdc.gov>

Crediti e autorizzazioni all'utilizzo

- Questo ed altro materiale può essere reperito a partire da: <http://www.ambra.unibo.it/giorgio.sartor/>
- Il materiale di questa presentazione è di libero uso per didattica e ricerca e può essere usato senza limitazione, purché venga riconosciuto l'autore usando questa frase:

Materiale ottenuto dal Prof. Giorgio Sartor
Università di Bologna a Ravenna

Giorgio Sartor - giorgio.sartor@unibo.it