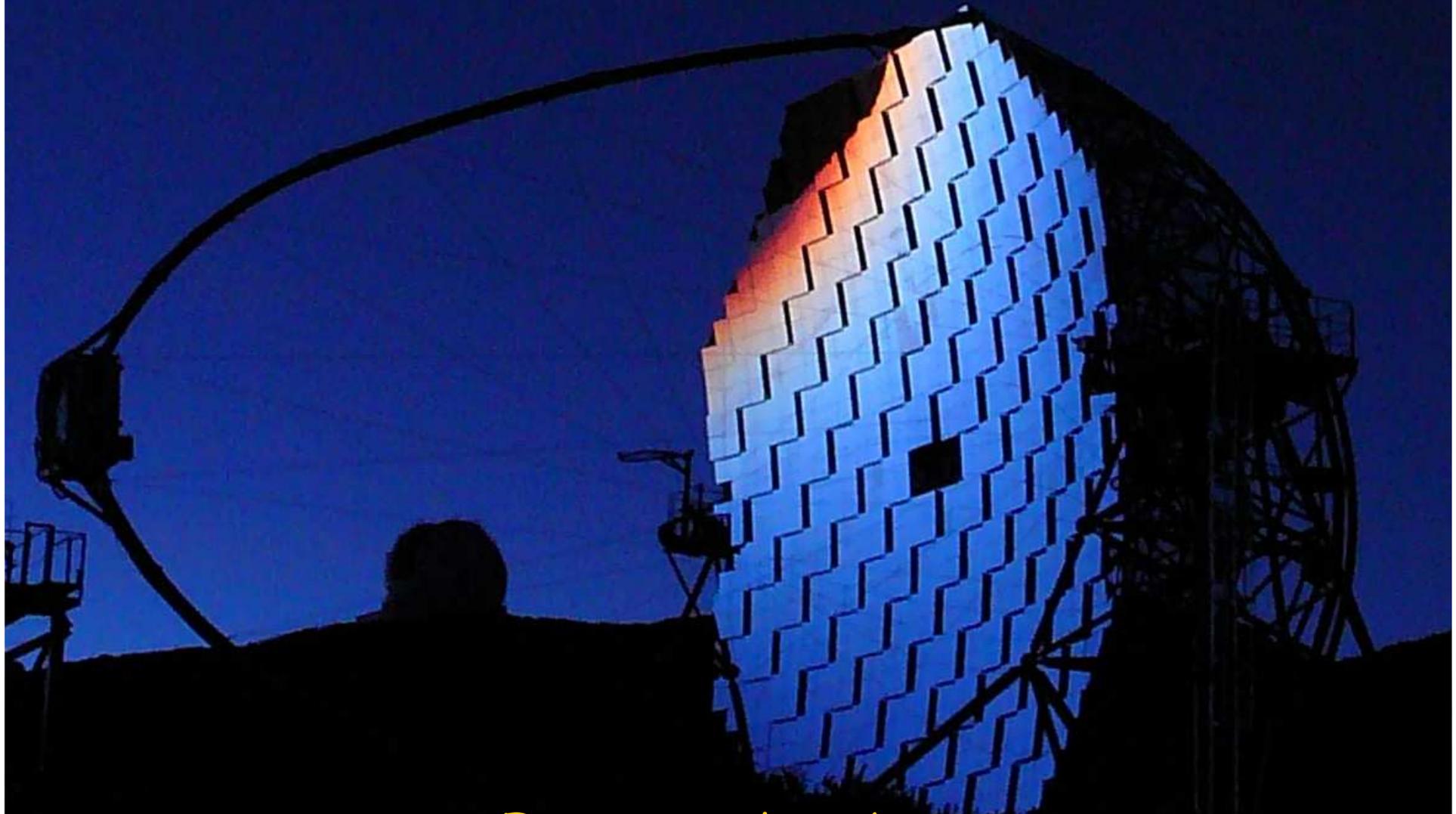


# MAGIC, una finestra sull'Universo

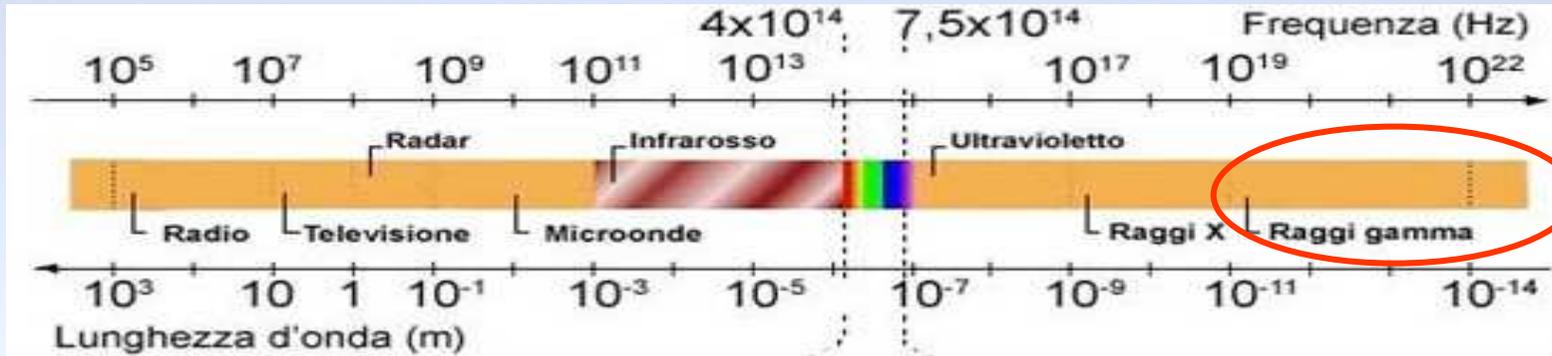


Francesco de Sabata

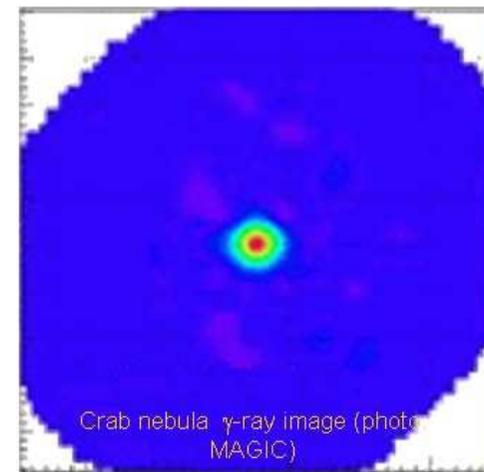
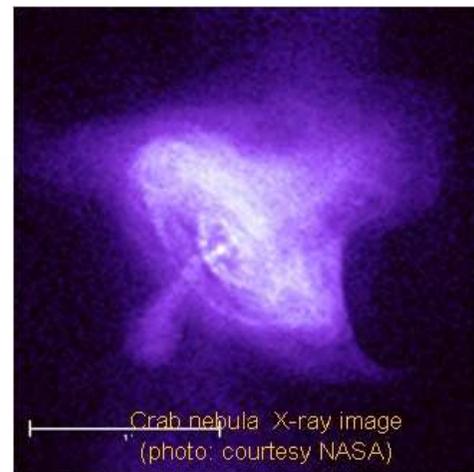
Liceo "G. Galilei" Verona, I.N.F.N. Udine/Trieste, MAGIC collab.



# I RAGGI GAMMA



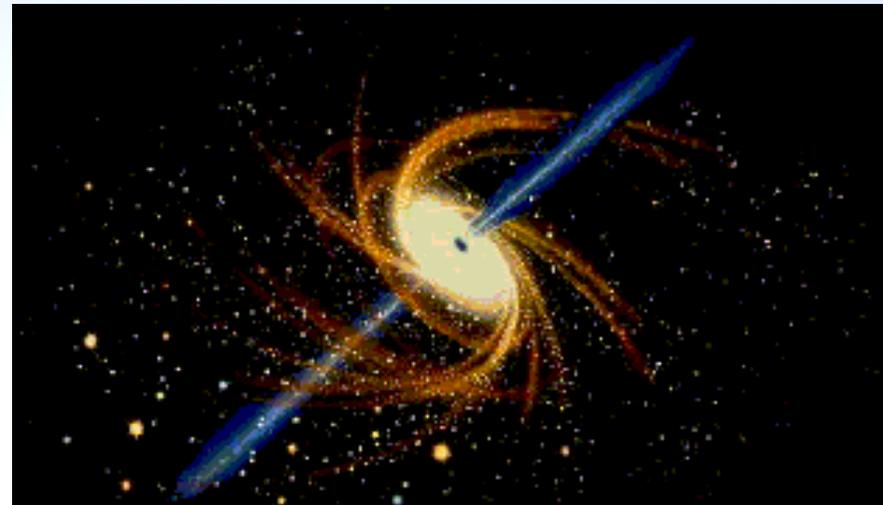
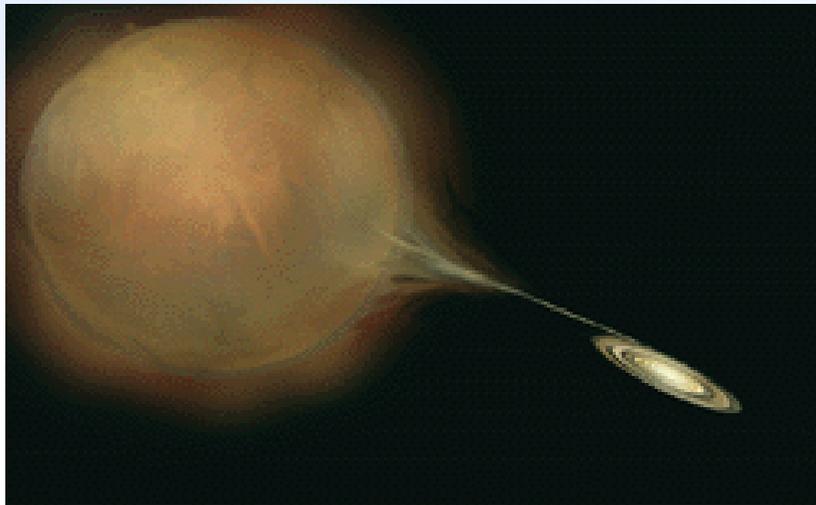
I raggi  $\gamma$  gamma sono i piú energetici dello spettro elettromagnetico ( $E > 1$  MeV, VHE:  $30$  GeV÷ $30$  TeV). Una stessa sorgente astrofisica appare anche molto diversa se osservata a diverse lunghezze d'onda:





## SORGENTI COSMICHE DI RAGGI $\gamma$ VHE

Sono resti di supernovae (SNR), pulsar, buchi neri (BH), sistemi binari, nuclei galattici attivi (AGN)...



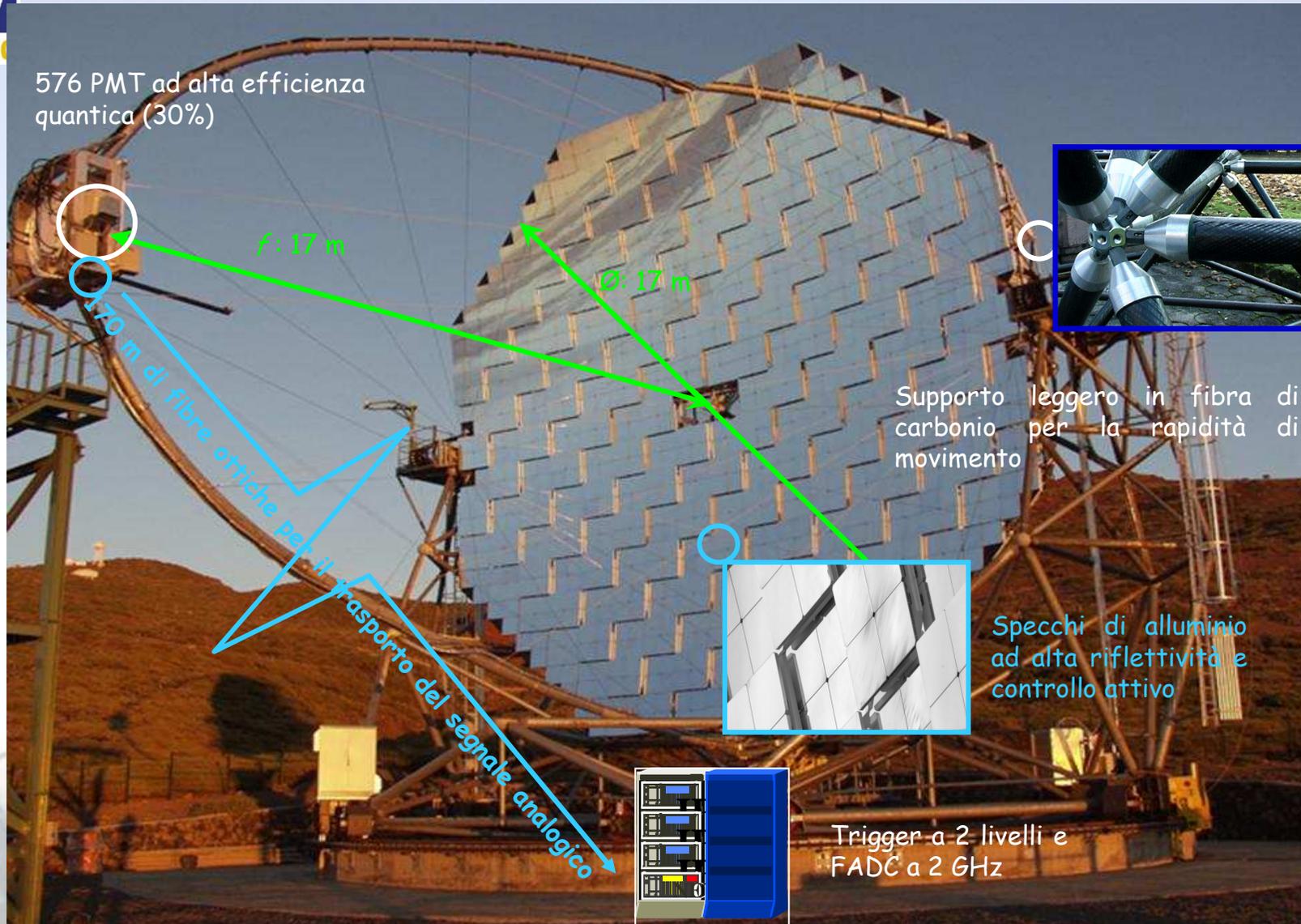
**Fenomeni fisici per "addetti ai lavori"**

L'atmosfera ci scherma dai raggi  $\gamma$  VHE: per studiare questi oggetti da terra servono

**tecniche sofisticate e "occhiali" molto particolari...**



# IL TELESCOPIO MAGIC PER RAGGI GAMMA



...un concentrato di tecnologia...



## LA SFIDA:

- COME** realizzare, per gli studenti di scuola superiore, una **COMUNICAZIONE EFFICACE** di
- Concetti fisici impegnativi (relatività, MQ)
  - Sistemi di misura inusuali (IACT, effetto Čerenkov)
  - Soluzioni tecnologiche molto avanzate (MAGIC)
  - Risultati scientifici ai confini della ricerca attuale

¿ LA RISPOSTA ?



## ...ET LUX FUIT...

Un **CICLO** di letture di fisica (2008) sulle proprietà della luce, con l'attività di **MAGIC** come filo conduttore:

- **Lux in the Sky with Diamonds** (ottica e **MAGIC**)  
(FdS, gruppo **MAGIC**)
- **Celeritas** (relatività e proprietà della luce)  
(prof. M. Vincoli, liceo Galilei)
- **Vedere l'invisibile** (fondamenti di MQ e applicazioni)  
(prof. P. Gini, liceo Galilei)
- **MAGIC, una finestra sull'Universo**  
(astrofisica gamma VHE e osservazioni recenti)  
(E. Prandini, gruppo **MAGIC**)



## I NUMERI

Circa 200 studenti coinvolti, di età compresa tra i 16 e i 19 anni, dal Galilei e da altre scuole:

<b>PRESENZE</b>	<b>de Sabata (I)</b>	<b>Vincoli (II)</b>	<b>Gini (III)</b>	<b>Prandini (IV)</b>
<b>Classe I</b>	2	1	1	1
<b>Classe II</b>	4	0	3	0
<b>Classe III</b>	76	87	76	67
<b>Classe IV</b>	55	32	53	37
<b>Classe V</b>	28	39	43	23
<b>esterni</b>	6	9	7	5
<b>docenti</b>	4	2	1	0
<b>TOTALE</b>	<b>175</b>	<b>170</b>	<b>184</b>	<b>133</b>



Possibile **analisi statistica dell'efficacia** nella comunicazione dei concetti fisici.



# IL FEEDBACK TEST

## 20 domande sui diversi aspetti delle varie conferenze:

1. Quale tra le seguenti teorie descrive TUTTE le caratteristiche della luce?  
(A) l'ottica geometrica (B) l'ottica ondulatoria (C) la relatività (D) nessuna delle tre
2. Cos'è l'effetto Čerenkov?  
(A) l'emissione di luce da stelle lontane (B) l'emissione di luce dall'atmosfera (C) l'emissione di luce da particelle cariche più veloci di  $c/n$  (velocità della luce nel mezzo attraversato) (D) nessuna delle risposte precedenti è corretta
3. A cosa serve il telescopio MAGIC?  
(A) a studiare i raggi cosmici (B) a studiare le sorgenti cosmiche di raggi gamma  
(C) a studiare la nostra galassia (D) nessuna delle tre risposte precedenti è corretta
4. Quali caratteristiche ha il telescopio MAGIC rispetto agli altri telescopi a Terra?  
(A) la più grande parabola ottica  
(C) una struttura particolarmente
5. Quali sono, tra i seguenti, i segreti  
(A) i raggi ultravioletti (B) i
16. Quali tipi di radiazione sono DIRETTAMENTE rivelabili da Terra?  
(A) i raggi gamma (B) i raggi X (C) le onde radio e luminose (D) tutte e tre le risposte precedenti sono corrette
17. Quali tra i seguenti fenomeni di origine astrofisica producono raggi gamma?  
(A) l'emissione termica stellare (B) le reazioni chimiche nelle nebulose (C) il collasso gravitazionale  
(D) solo i fenomeni più energetici (per esempio, esplosioni di Supernovae)
18. Come vengono prodotte le coppie di elettroni e positroni negli sciami atmosferici?  
(A) dalla ionizzazione delle molecole d'aria (B) dal decadimento dei nuclei radioattivi  
(C) dalla 'materializzazione' dei fotoni energetici ( $E=mc^2$ ) (D) dalla radiazione Čerenkov
19. Che tipo di luce raccoglie il telescopio MAGIC?  
(A) i raggi gamma prodotti dall'annichilazione di coppie  $e^+ e^-$  negli sciami cosmici  
(B) la radiazione luminosa prodotta dalle particelle cariche che attraversano l'alta atmosfera  
(C) i raggi gamma prodotti dalle sorgenti astrofisiche (D) nessuna delle risposte precedenti è corretta
20. Cosa sono gli AGN (Active Galactic Nuclei)?  
(A) oggetti stellari nel nucleo della nostra galassia (B) nuclei di galassie lontane che emettono raggi X e gamma  
(C) nuclei atomici che emettono raggi gamma (D) nessuna delle tre risposte precedenti è corretta



## IL CAMPIONE STATISTICO

Più di 120 "crediti formativi" (studenti con almeno 3 presenze su 4 incontri):

77 studenti di III "accreditati"

24 studenti di IV "accreditati"

24 studenti di V "accreditati"

Risultati omogenei per III e IV (risposte corrette:  $62 \pm 2\%$ ), meglio le V (corrette:  $\sim 70\%$ )

NB I migliori risultati (19/20 e 20/20):

3 studenti di III e 2 studenti di V, indipendenti dall'età e dal grado di formazione precedente.



## ¿POSSIBILI INPUT DA ALTRE FONTI?

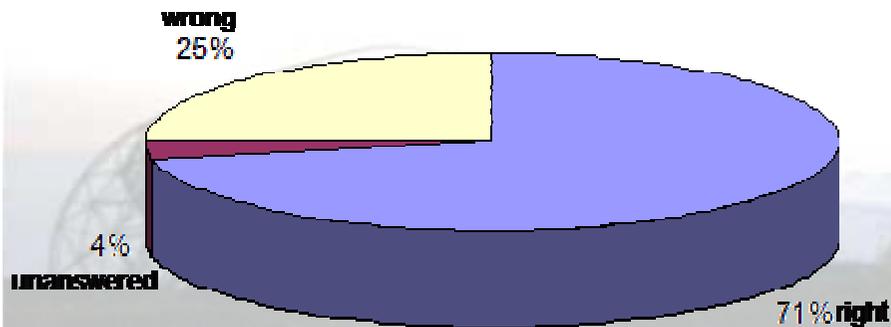
### ANALISI ON/OFF:

**ON:** i 125 studenti "accreditati"

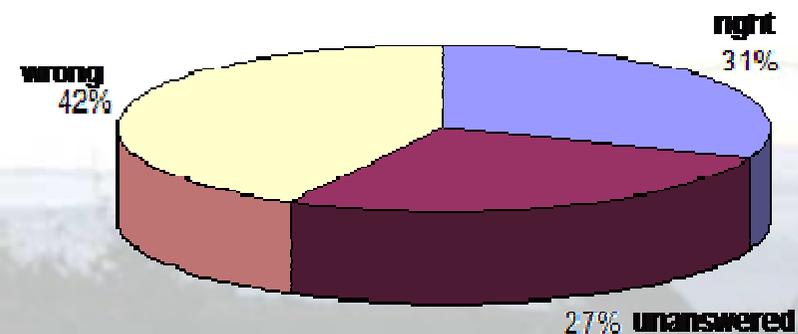
**OFF:** 61 studenti di triennio in altro liceo (corso sperimentale tecnologico, 23+21+17)

**OFF:** risposte corrette: 22%, 28%, 31% :  
(1 su 4 = 25% casuale)  $\Rightarrow$  'rumore statistico' !

5th class (total)



5th class "background"





## CONCLUSIONI

- Alta partecipazione (piú di 120 presenze ad almeno 3 letture)
- Alta comprensione degli argomenti (vedi risultati del test)

Validità della strategia comunicativa adottata!

Una soluzione esportabile, un'esperienza da ripetere...



## IL SEGUITO

- Conferenze 2009: *Sulle frontiere del far... fisica* (giro panoramico su: LHC+Masterclass particelle, astrofisica gamma VHE, Quantum information, basse temperature...)
- Conferenze 2010: *Ci son piú cose in cielo e in terra...* (Astronomia e astrofisica da Galileo al III millennio)

Ringraziando i proff. Vincoli, Gini, Pistori, FdS (Galilei VR) e i proff. Berti, Naletto, Villoresi, Prandini, Simonetto e Torassa (Università di Padova), Agostini e Pfletschinger, le conferenze di fisica al liceo Galilei (vedi CF2007) hanno compiuto **UNDICI** anni...



## Per approfondire:

- de Sabata F., PhD thesis (2009) (scaricabile da [http://www.infn.it/thesis/thesis\\_dettaglio.php?tid=4728](http://www.infn.it/thesis/thesis_dettaglio.php?tid=4728))
- Sito ufficiale MAGIC <http://wwwmagic.mppmu.mpg.de>
- De Angelis A., de Sabata F. et al., L'astrofisica gamma ad altissime energie, in L'astrofilo n. 10 (settembre 2009) (scaricabile da <http://www.astropublishing.it>)
- De Angelis A., De Lotto B., de Sabata F. e Persic M., Telescopi per la banda dei raggi gamma: Magic e Glast (2008) (scaricabile da <http://www.castfvg.it>)
- De Angelis A. e Peruzzo L., Le magie del telescopio MAGIC, in Le Scienze n. 464 (aprile 2007)

Contact: [francesco.desabata@uniud.it](mailto:francesco.desabata@uniud.it)