



В. Генчев

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

# *Българското участие в експеримента CMS на ускорителя LHC - CERN*

**Владимир Генчев**

**ИЯИЯЕ, БАН, София**



В. Генчев

## Съдържание

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

Физическа мотивация  
LHC  
CMS  
Магнит  
Централен треков детектор  
Калориметрия  
Мюонна система  
Заключение



В. Генчев

## Физическа мотивация

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

SM съдържа явно спорни моменти  
(защо има 6 кварка?)

SM има липсващи елементи  
(механизъм за генериране на масите на познати частици)

SM дава безсмислици при много високи енергии  
(вероятността за разсейване на  $W_L W_L$  става  $>1$  при енергии над 1 TeV)

SM е логически незавършен  
(гравитацията не е инкорпорирана)

Необходимо е:

Да се открие Higgs

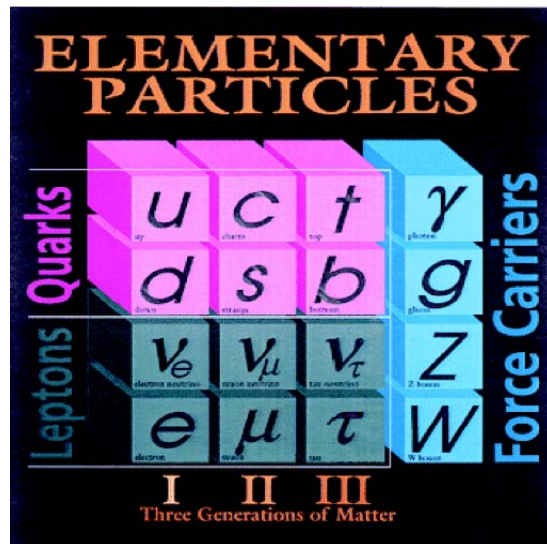
Да се излезе извън SM



В. Генчев

## Физическа мотивация

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008



Какъв е произхода на масата на частиците?  
(защо Z бозона е масивен, докато фотоните са безмасови ?)

Има ли нова симетрия? SUSY?  
(великото обединение на всички фундаментални сили)

Каква е природата и същността на тъмната материя и тъмната енергия?

Какъв е произходът на асиметрията материя-антиматерия?

(дали отговорът лежи в нарушението на CP инвариантността?)

Дали съществува нова форма на материята?

(кварк-глюонна плазма?)

Дали елементарните частици имат структура?

Защо има само 3 фамилии кварки и лептони?

**Програмата на LHC трябва да отговори на тези въпроси.**



В. Генчев

LHC

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

## pp взаимодействие при 7 + 7 TeV

2 x 2808 пакета от протони

$10^{11}$  протона в пакет

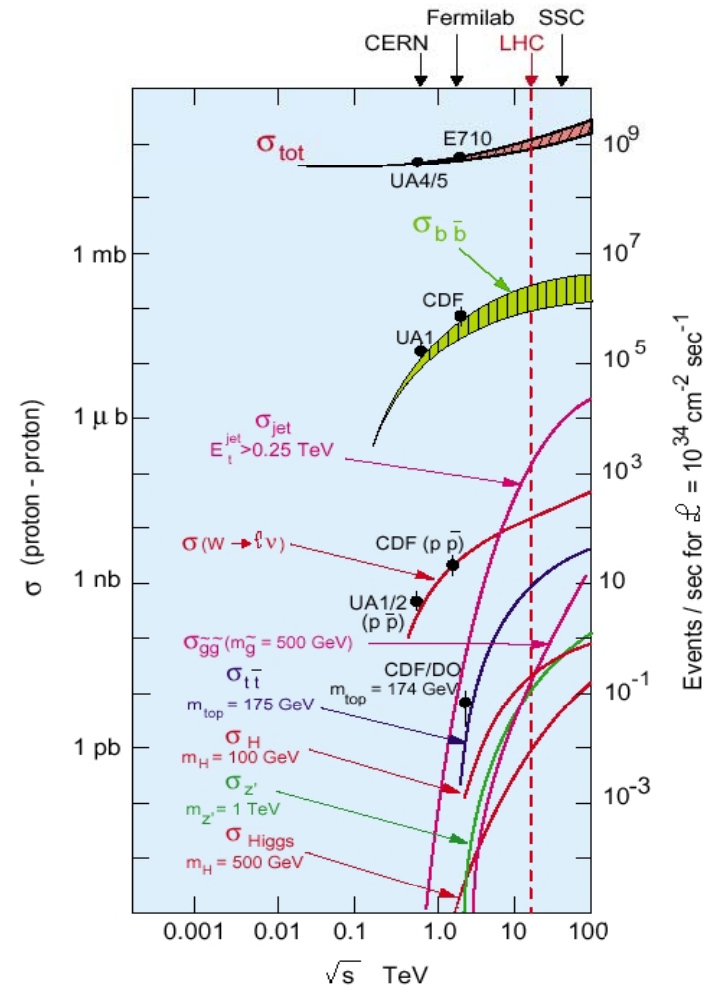
Пресичане на сноповете - всеки 25 ns

$$N = L \cdot \sigma \cdot BR$$

$$H(1 \text{ TeV}) \rightarrow ZZ \rightarrow 2e + 2\mu; 4e; 4\mu$$

$$\text{За } L = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

$$N/\text{година} = 10^{34} \cdot 10^{-37} \cdot 10^{-3} \cdot 10^7 = 10$$

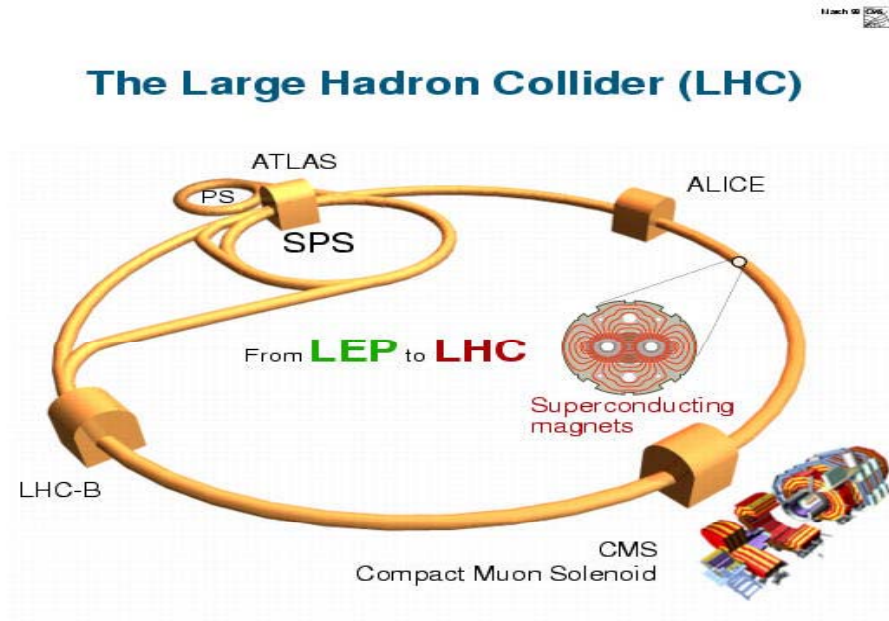




В. Генчев

# LHC

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008



	Beams	Energy	Luminosity
<b>LEP</b>	e <sup>+</sup> e <sup>-</sup>	200 GeV	10 <sup>32</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
<b>LHC</b>	p p Pb Pb	14 TeV 1312 TeV	10 <sup>34</sup> 10 <sup>27</sup>



В. Генчев

## Изисквания към детектора

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

Пресичане на снопове протони - всеки 25 ns

~1 милиард събития за 1 s при номинална светимост  $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Многоканален детектор

Електроника за локално съхраняване на информацията

Високо радиационно устойчиви материали

Много добра мюонна идентификация и измерване на импулса

Висока разделителна способност на електромагнитния калориметър

Мощна вътрешна трекова система

Херметична калориметрична система





В. Генчев

# България в CMS

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

## Expression of Interest for a Compact Muon Solenoid Detector for LHC

### CMS

Institut für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Vienna, AUSTRIA

Université Libre, Bruxelles, BELGIUM

Vrije Univ., Brussel, BELGIUM

Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, BELGIUM

Univ. Instelling Antwerpen, Wilrijk, BELGIUM

Univ. de l'Etat Mons, Mons, BELGIUM

Physics, Acad. Sci. Byelorussia, Minsk, BELARUS

Institute of Nuclear Research & Nuclear Energy, Sofia, BULGARIA

Univ. of Sofia, Sofia, BULGARIA

Institute of Physics, Georgian Acad. Sci., Tbilisi, GEORGIA

Inst. of Chemistry and Physics, Tallinn, ESTONIA

SEFT, Helsinki, FINLAND

Physics Department, Univ. of Helsinki, Helsinki, FINLAND

Univ. of Technology, Helsinki, FINLAND

Univ. of Technology, Tampere, FINLAND

Abo Akademi, Turku, FINLAND

Laboratoire de Physique des Particules (LAPP), Annecy-le-Vieux, FRANCE

Inst. Nat. Phys. Nucl. et Phys. Part., Lyon-Villeurbanne, FRANCE

Ecole Polytechnique, Palaiseau, FRANCE

CEN-Saclay, Gif-sur-Yvette, FRANCE

Tbilisi State University, Tbilisi, GEORGIA

Universität Aachen, Aachen, GERMANY

Universität Kiel, Kiel, GERMANY

University of Ioannina, Ioannina, GREECE

Nucl. Research Center Demokritos, Attiki, Athens, GREECE

University of Athens, Athens, GREECE

Central Research Institute for Physics, Hung. Acad. Sci., Budapest, HUNGARY

Dipartimento di Fisica dell'Università and Sezione dell'INFN, Milano, ITALY

Università di Padova, Padova, ITALY

Università di L'Aquila, Coppito, ITALY

Dipartimento di Fisica dell'Università and Sezione dell'INFN, Genova, ITALY

Inst. of Experimental Physics, University of Warsaw, Warszawa, POLAND

Institute for Nuclear Studies, Warszawa, POLAND

CIEMAT, Madrid, SPAIN

CERN, Geneva, SWITZERLAND

JINR, Dubna, RUSSIA

IHEP, Moscow, RUSSIA

INR, Moscow, RUSSIA

IHEP, Protvino, RUSSIA

Imperial College, London, U.K.

Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, U.K.

Univ. of California, Davis, USA

Univ. of California, Riverside, USA

Univ. of California, Los Angeles, USA

1991

Institute of Nuclear Research & Nuclear Energy, Sofia, BULGARIA  
Univ. of Sofia, Sofia, BULGARIA





# CMS

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев

39 страни, 181 Института, 2500 учени

### TRIGGER & DATA ACQUISITION

Austria, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Italy, Korea, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

### TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, Germany, Italy, Japan\*, Switzerland, UK, USA

### CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Italy, Japan\*, Portugal, Russia, Switzerland, UK, USA

### PRESHOWER

Armenia, Belarus, CERN, Greece, India, Russia, Taiwan (PC), Uzbekistan

### RETURN YOKE

Barrel: Czech Rep., Estonia, Germany, Greece, Russia  
Endcap: Japan\*, USA

### SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular:  
Finland, France, Italy, Japan\*, Korea, Switzerland, USA

FEET  
Pakistan  
China

### FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

### HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain\*, USA  
Endcap: Belarus, Bulgaria, Russia, Ukraine, USA, India

### MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain, Switzerland, UK, USA  
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T  
Overall diameter : 15.0 m  
Overall length : 21.5 m  
Magnetic field : 4 Tesla

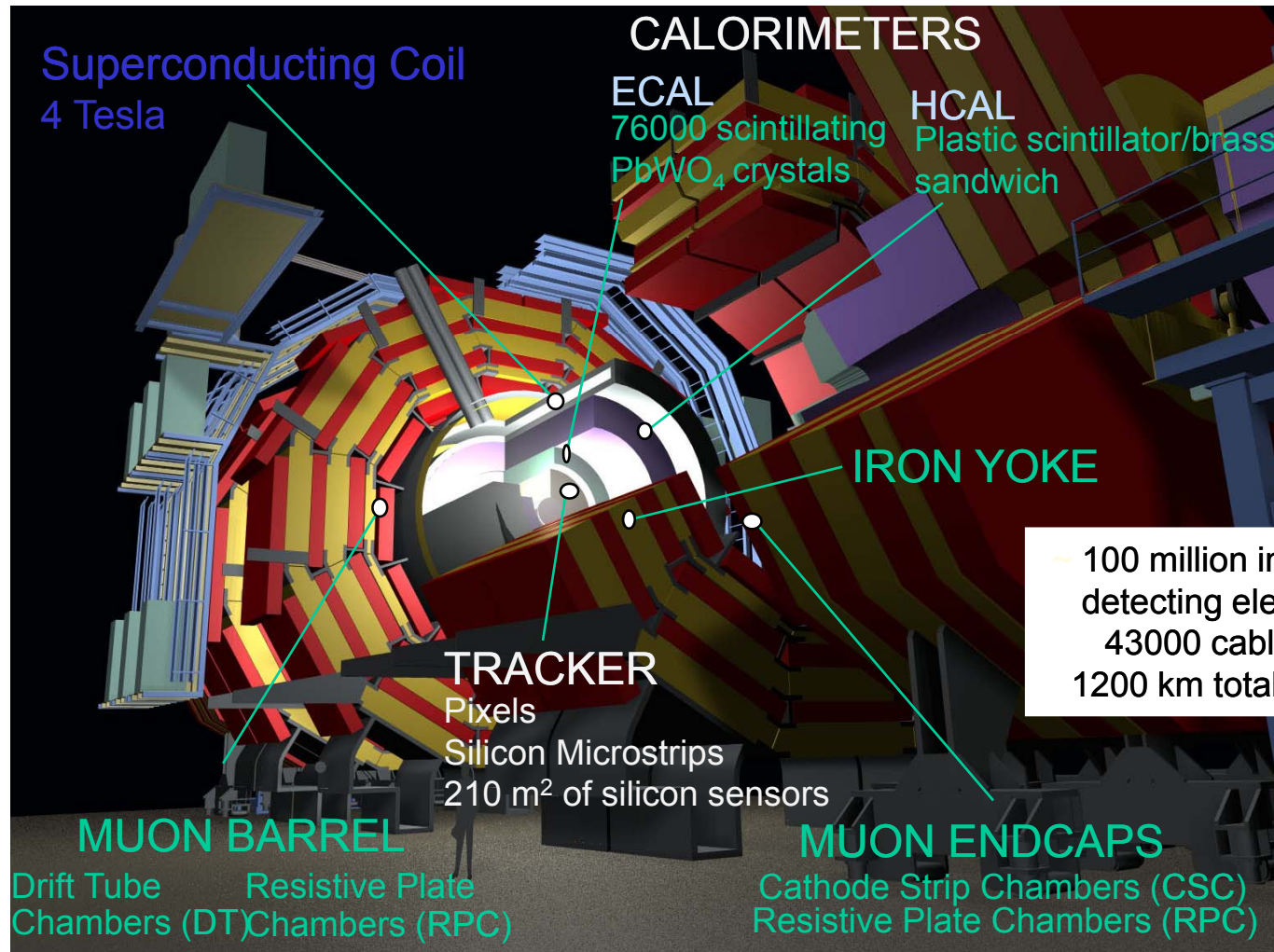
\* Only through industrial contracts



CMS

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев





# CMS магнит

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев





В. Генчев

# CMS магнит

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

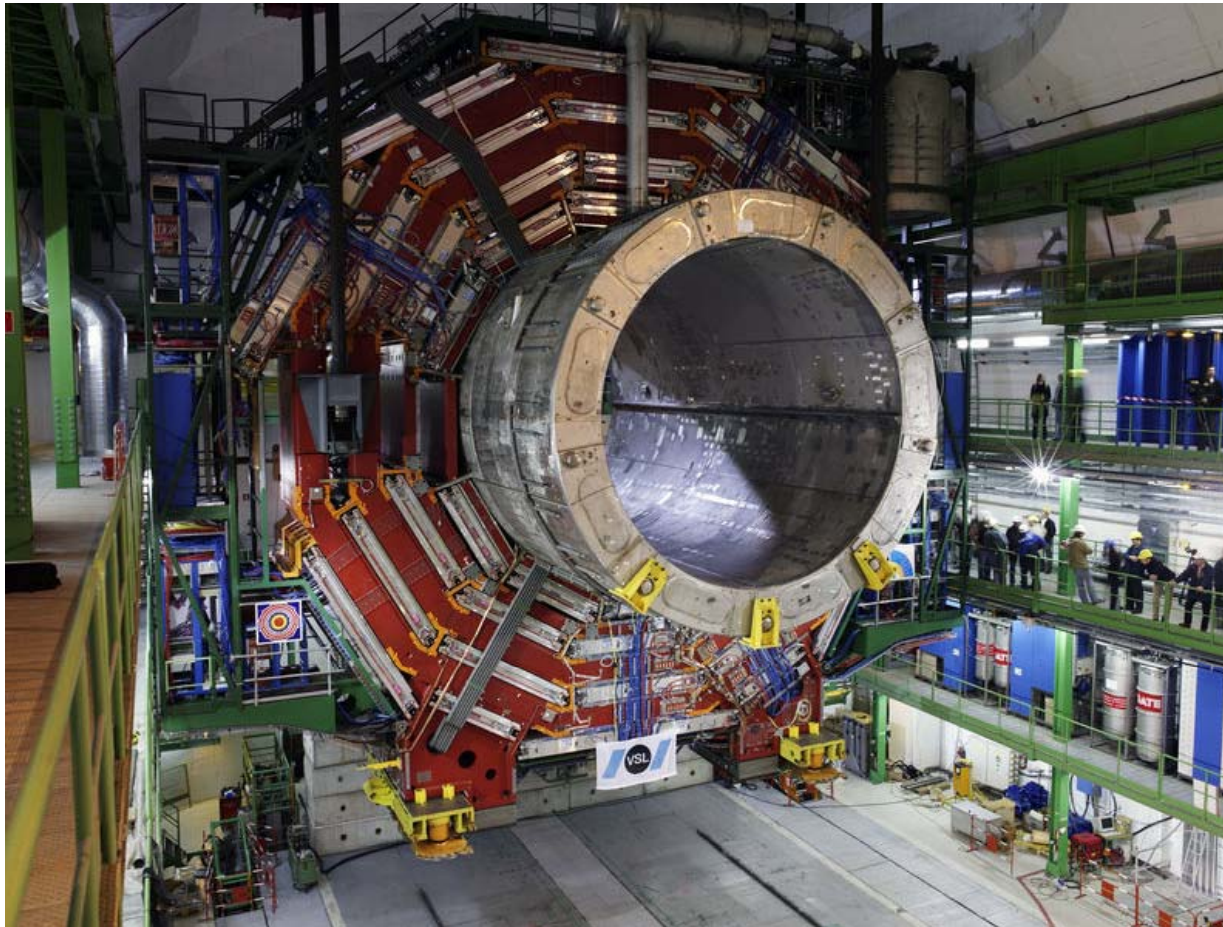




В. Генчев

# CMS магнит

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

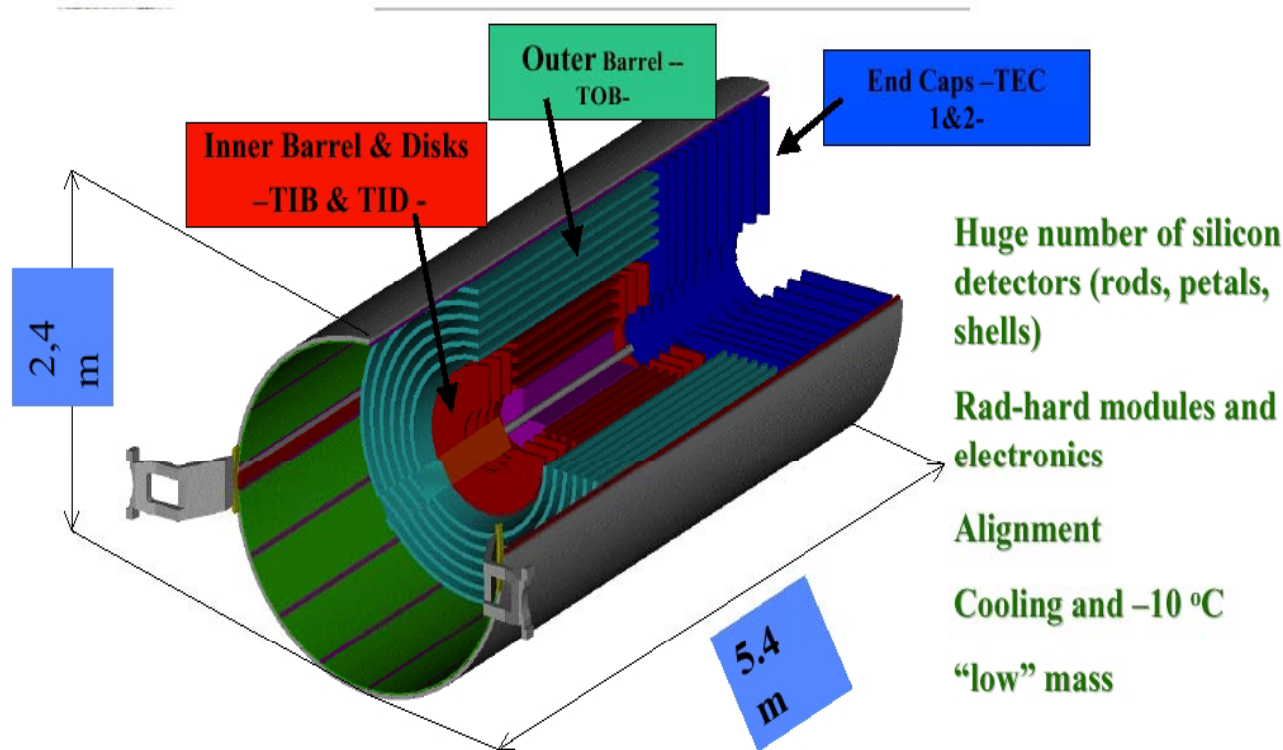




В. Генчев

# CMS треков детектор

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

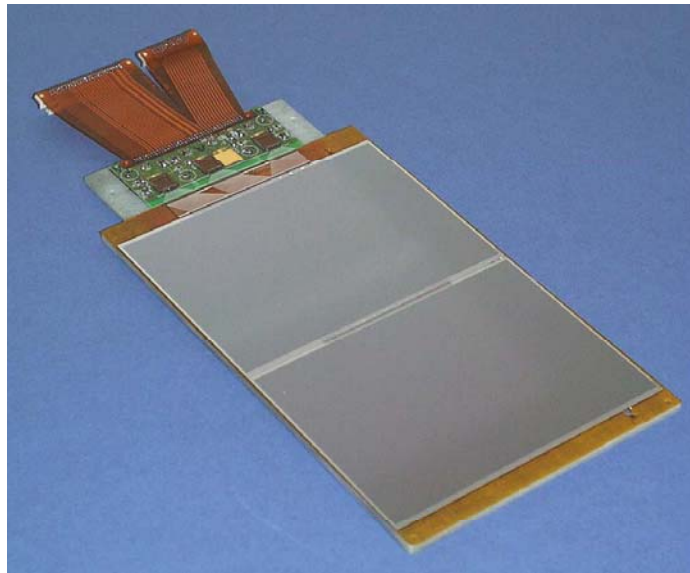




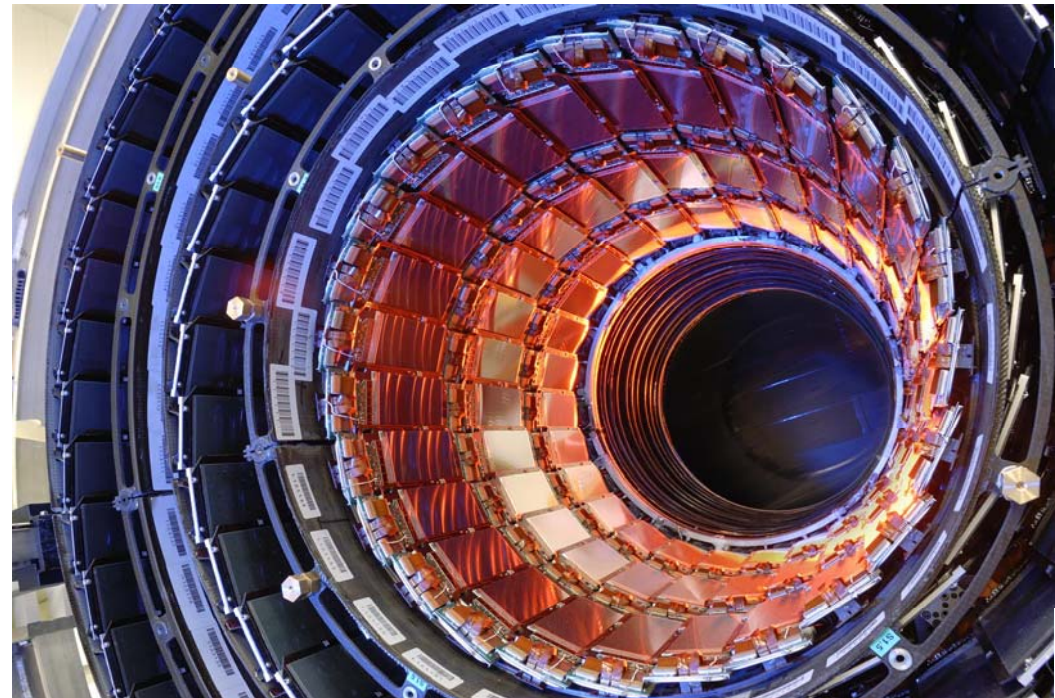
# Силиконов детектор

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



$66 \cdot 10^6$  пиксела  $150\mu \times 150\mu$   
 $9,6 \cdot 10^6$  микрострипа  
 $210 \text{ м}^2$





В. Генчев

## България в тракера

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

ИЯИЯЕ - Участие в R&D  
ЦЛМП - “Bonding” на  
силиконовите детектори



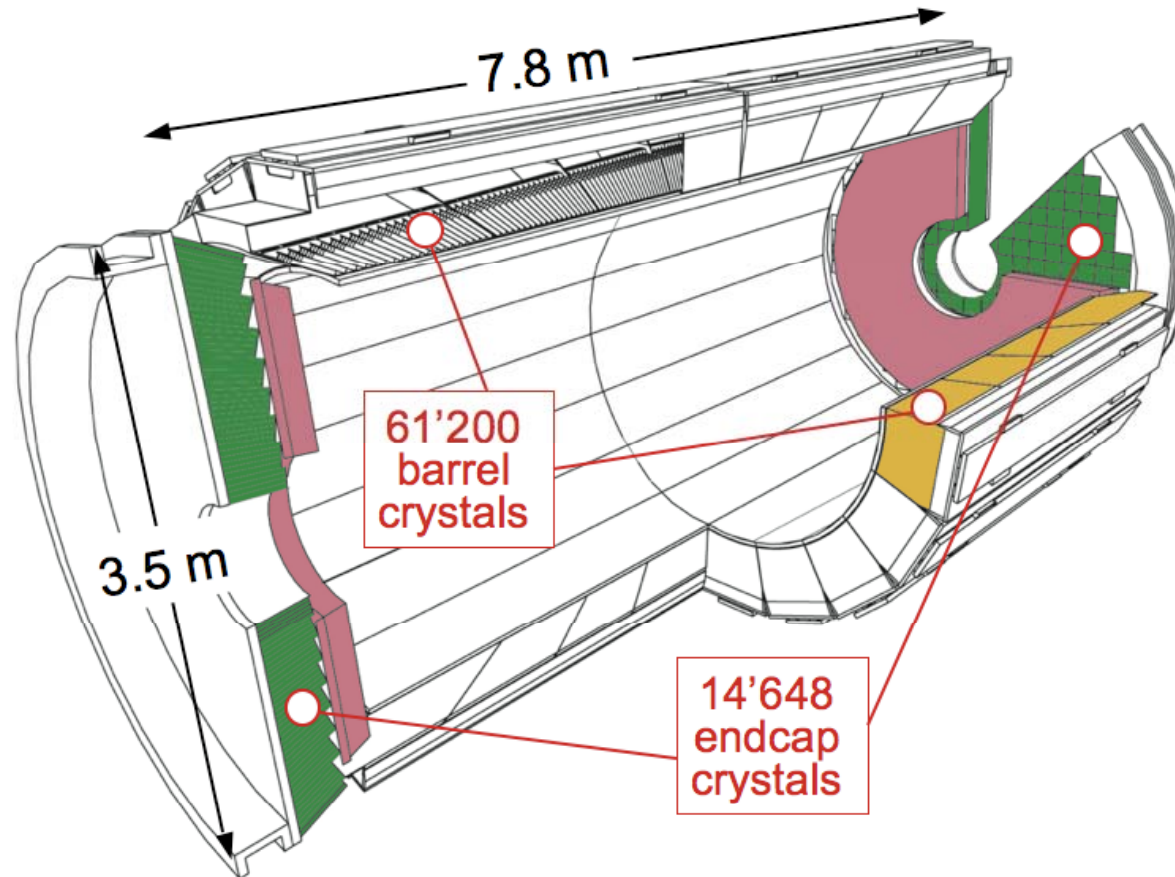




В. Генчев

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

# CMS електромагнитен калориметър





В. Генчев

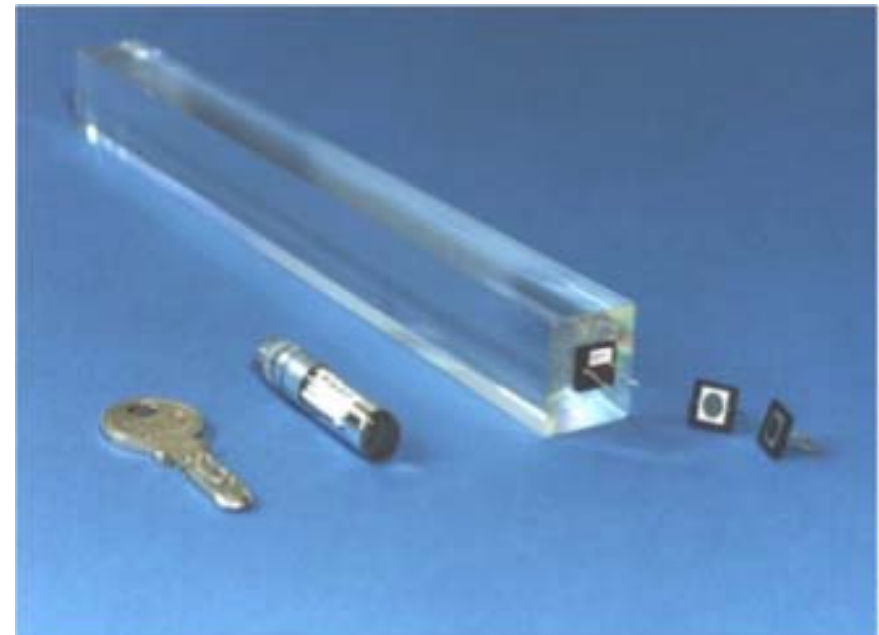
# PbWO<sub>4</sub> кристали

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008



2.18 x 2.18 x 23 см<sup>3</sup> - 61200

2.85 x 2.85 x 22 см<sup>3</sup> - 14648

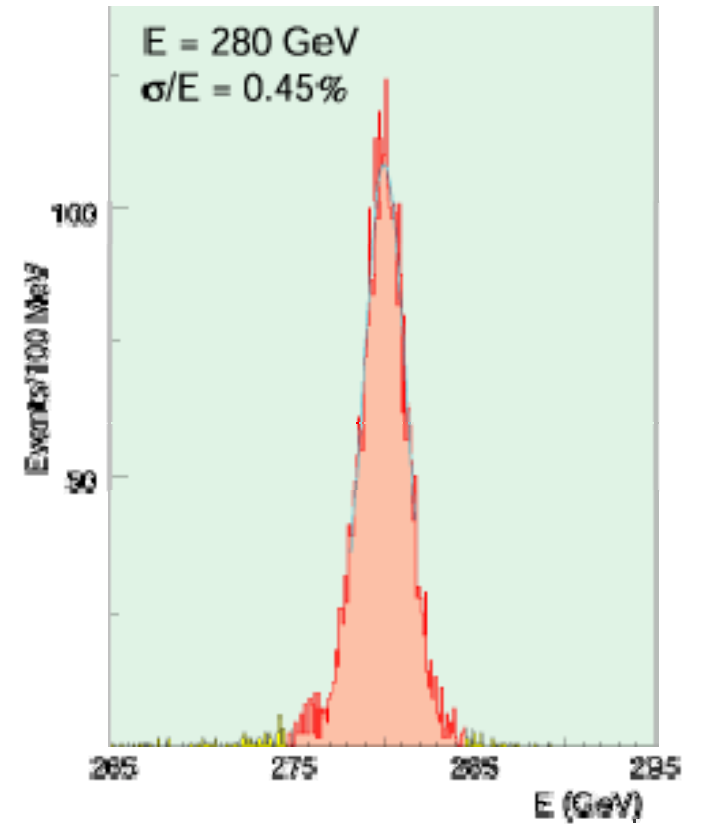
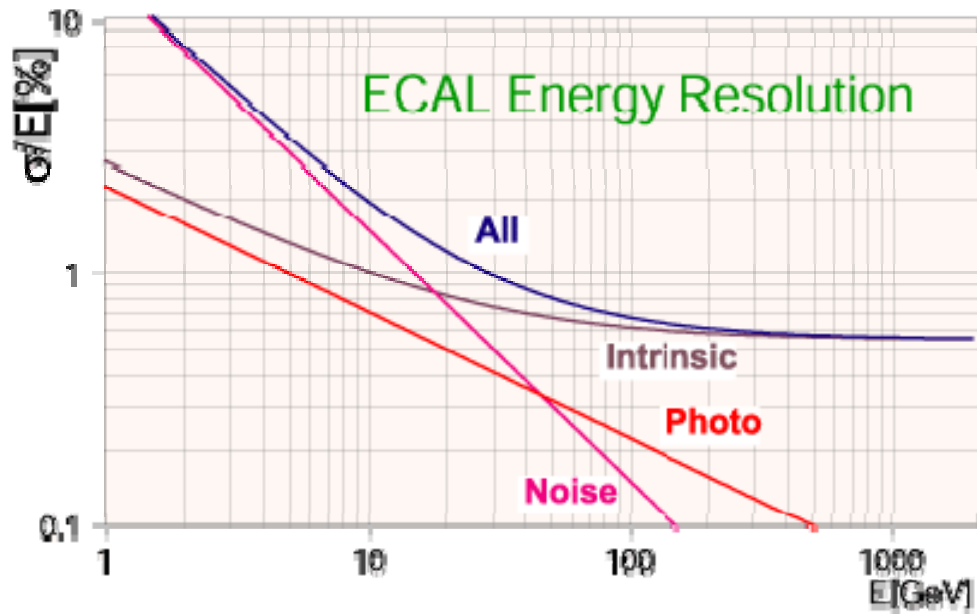




В. Генчев

# Есaл енергетично разрешение

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

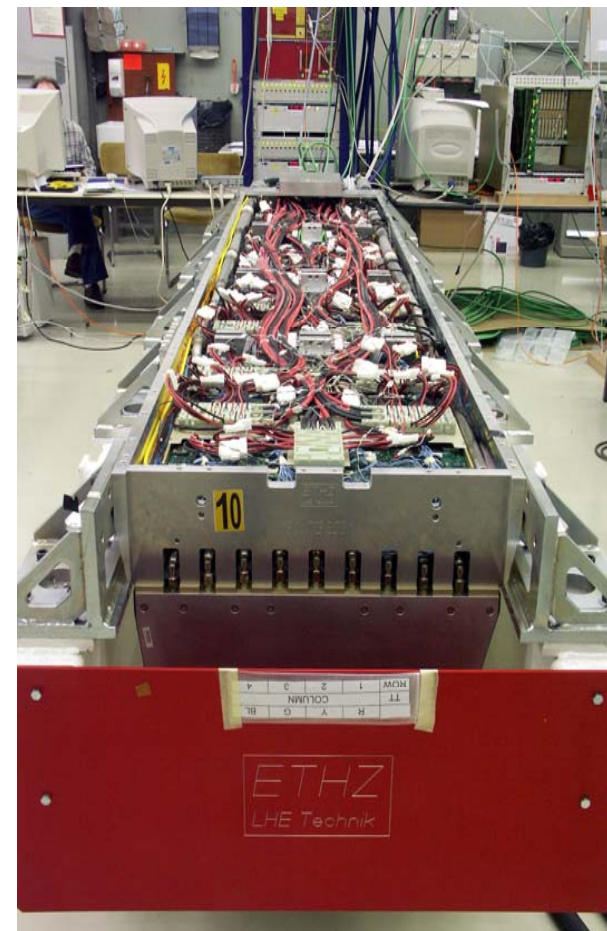
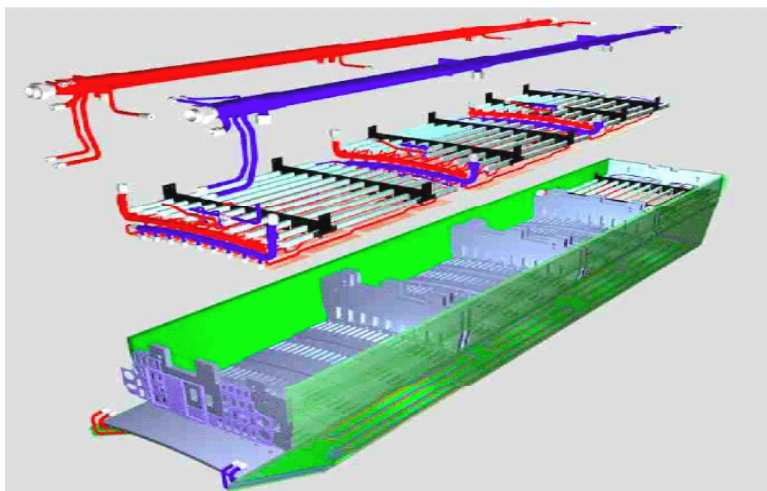
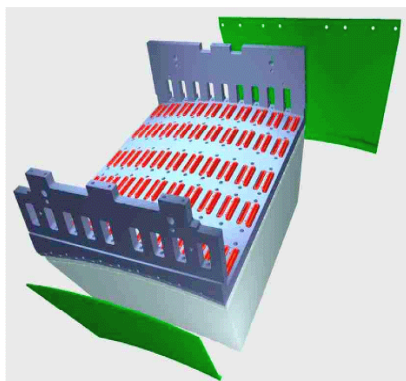
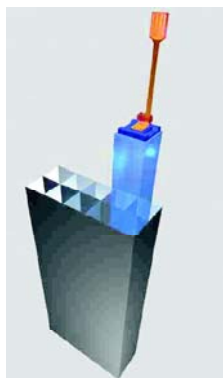




# България в Esal

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев

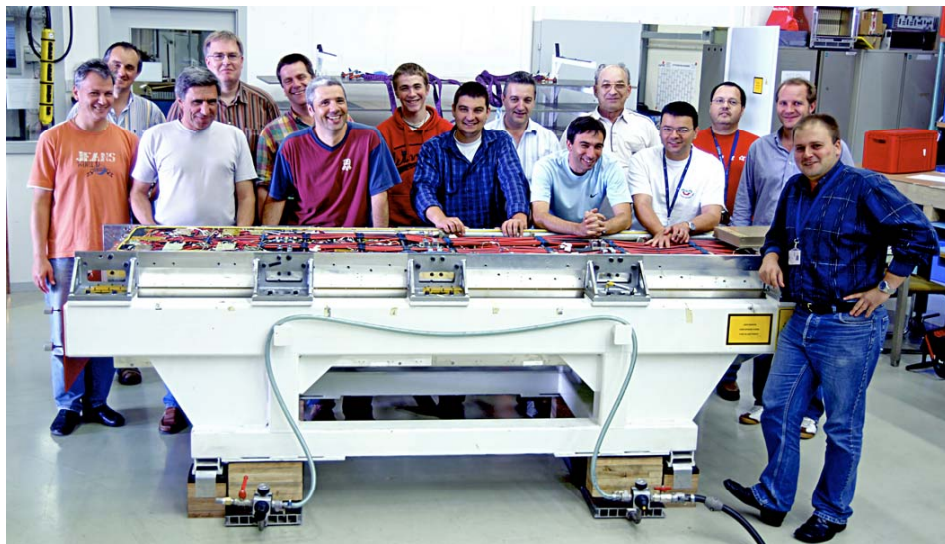




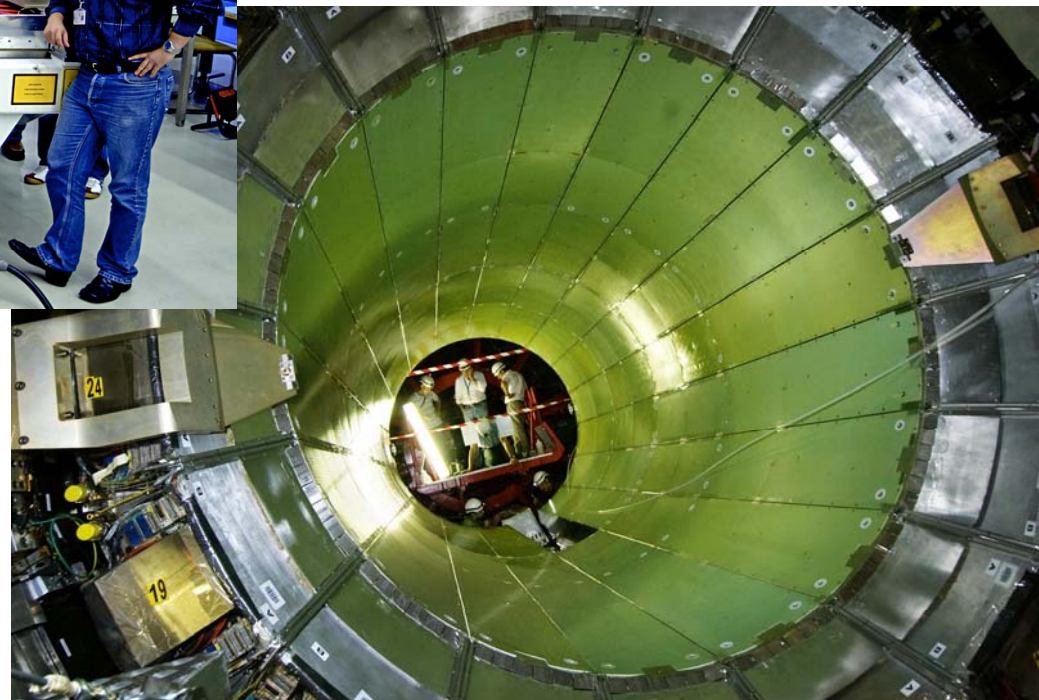
# България в Esal

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



ИЯИЯЕ и ЦЛМП – сглобяване на супермодулите, тестване и интегриране в CMS

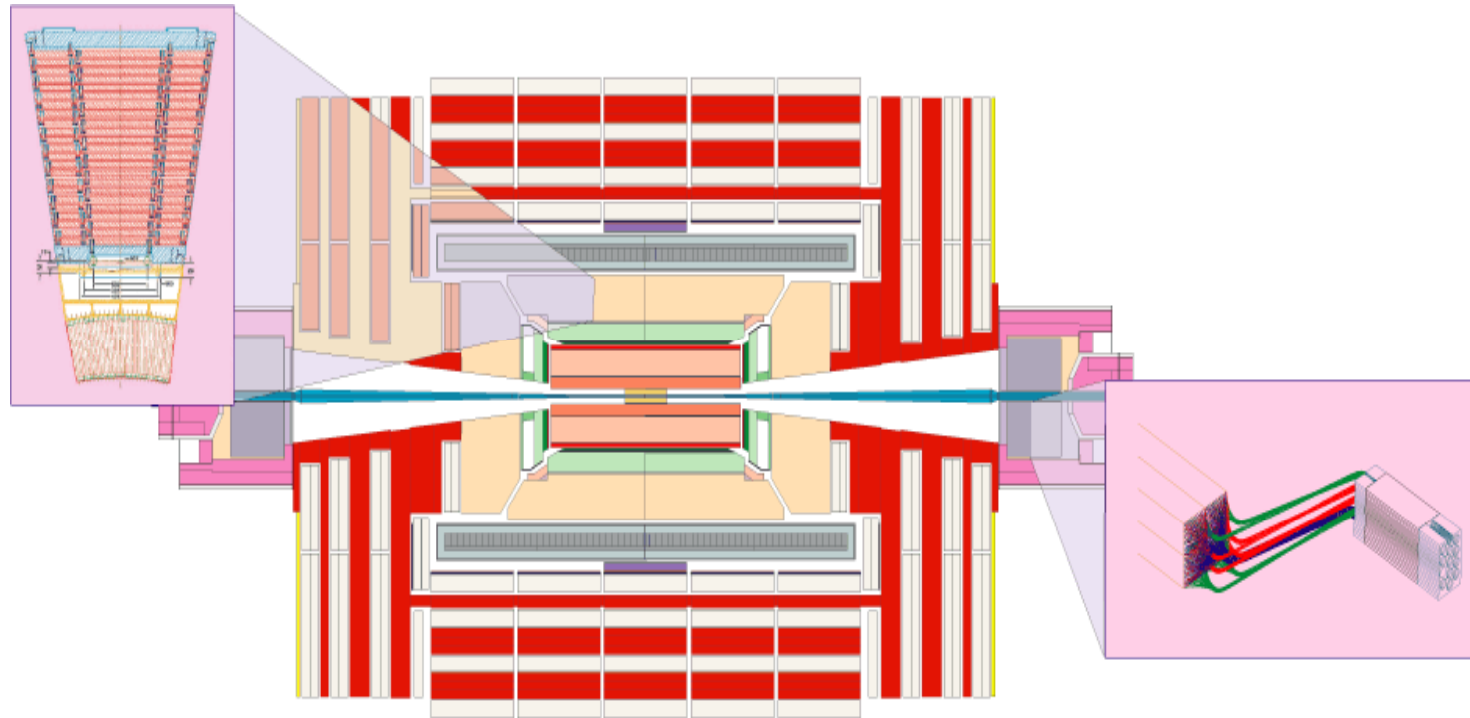




# CMS адронен калориметър

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



- Централна област ( $|\eta| < 3$ ) – сандвичев месинг/сцинтилатор тип, проективна геометрия и структура  $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.0875 \times 0.0875$

- Предна област ( $3 < |\eta| < 5$ ) – Fe/кварцово оптично влакно,

22 Черенковска светлина



# HCAL: абсорбер

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



The Compact Muon Solenoid Experiment

CMS Bulletin  
CERN, CH-1211 GENEVA 23, Switzerland



Date of publication: 07-12-98  
CMS internal information server: <http://cmsdoc.cern.ch/cms.html>

Number 98-04  
7 December 1998

## Full Size Pre-production Prototypes of HCAL



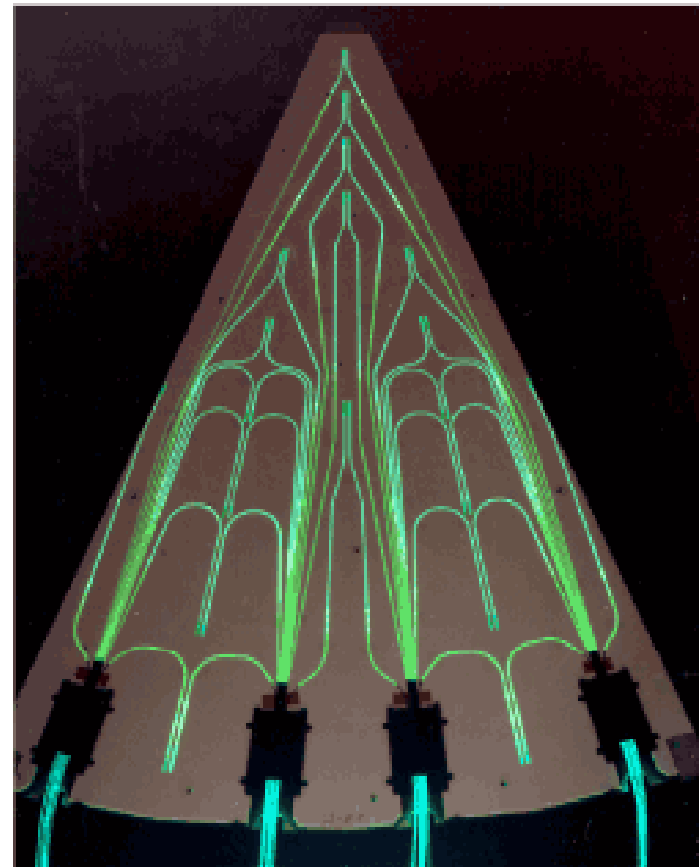
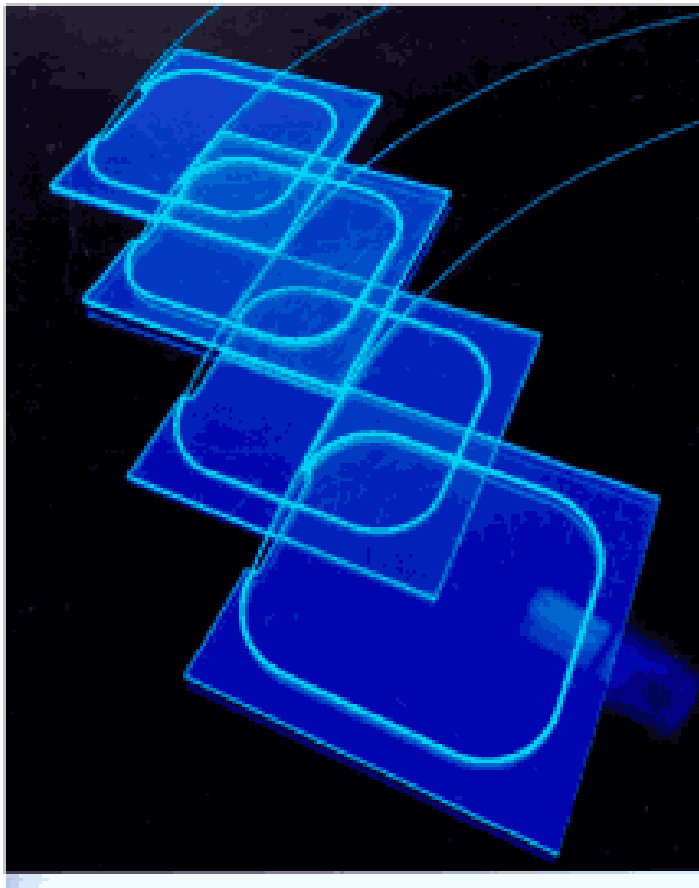
Pre-production prototypes of a barrel wedge and endcap sector have been manufactured in industry. The barrel wedge was manufactured by Felguera in Spain using brass plates procured in Bulgaria under the responsibility of HCAL-US groups. The endcap sector was manufactured by MZOR in Belarus using brass plates procured in Bulgaria and St. Peterburg under the responsibility of HCAL-RDMS groups. The scintillators trays have been installed in the prototypes and the HCAL system will be tested in 1999.



# НсаI: активни елементи

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



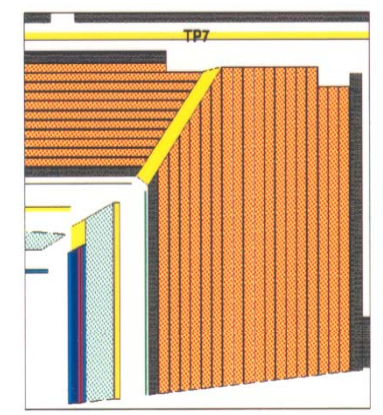
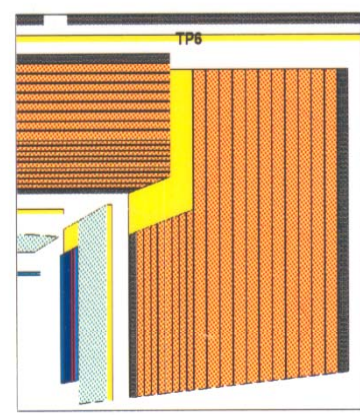
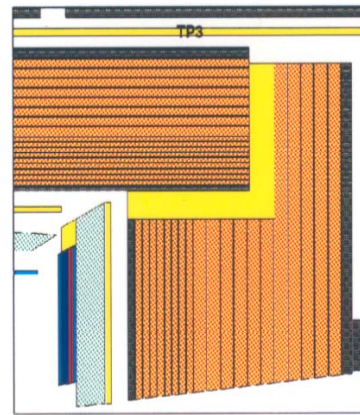
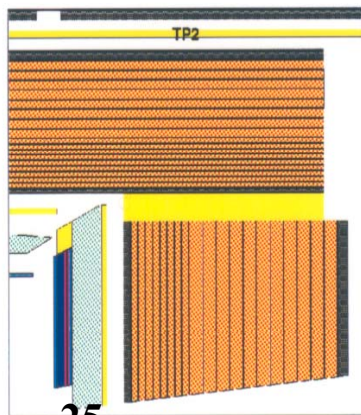
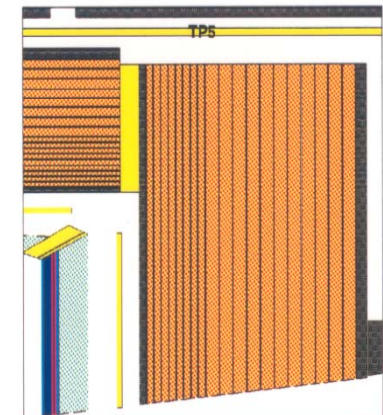
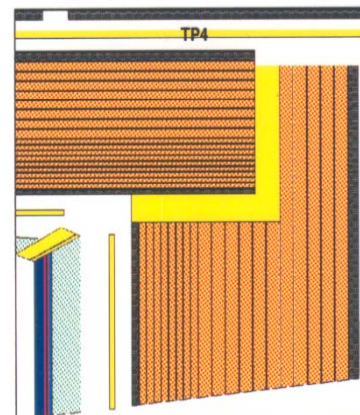
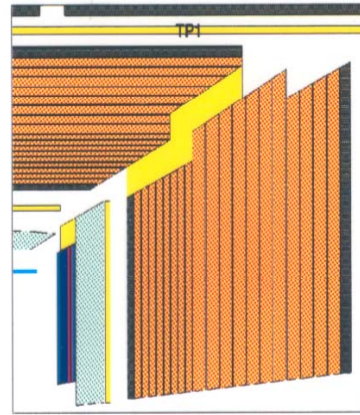
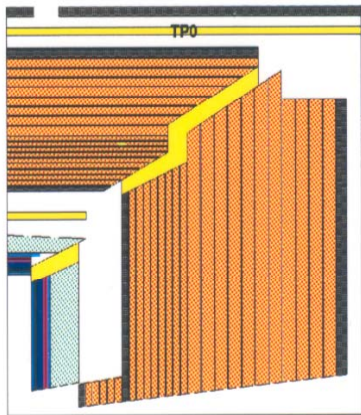




В. Генчев

# НсаI: проектиране ИЯИЯЕ + СУ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

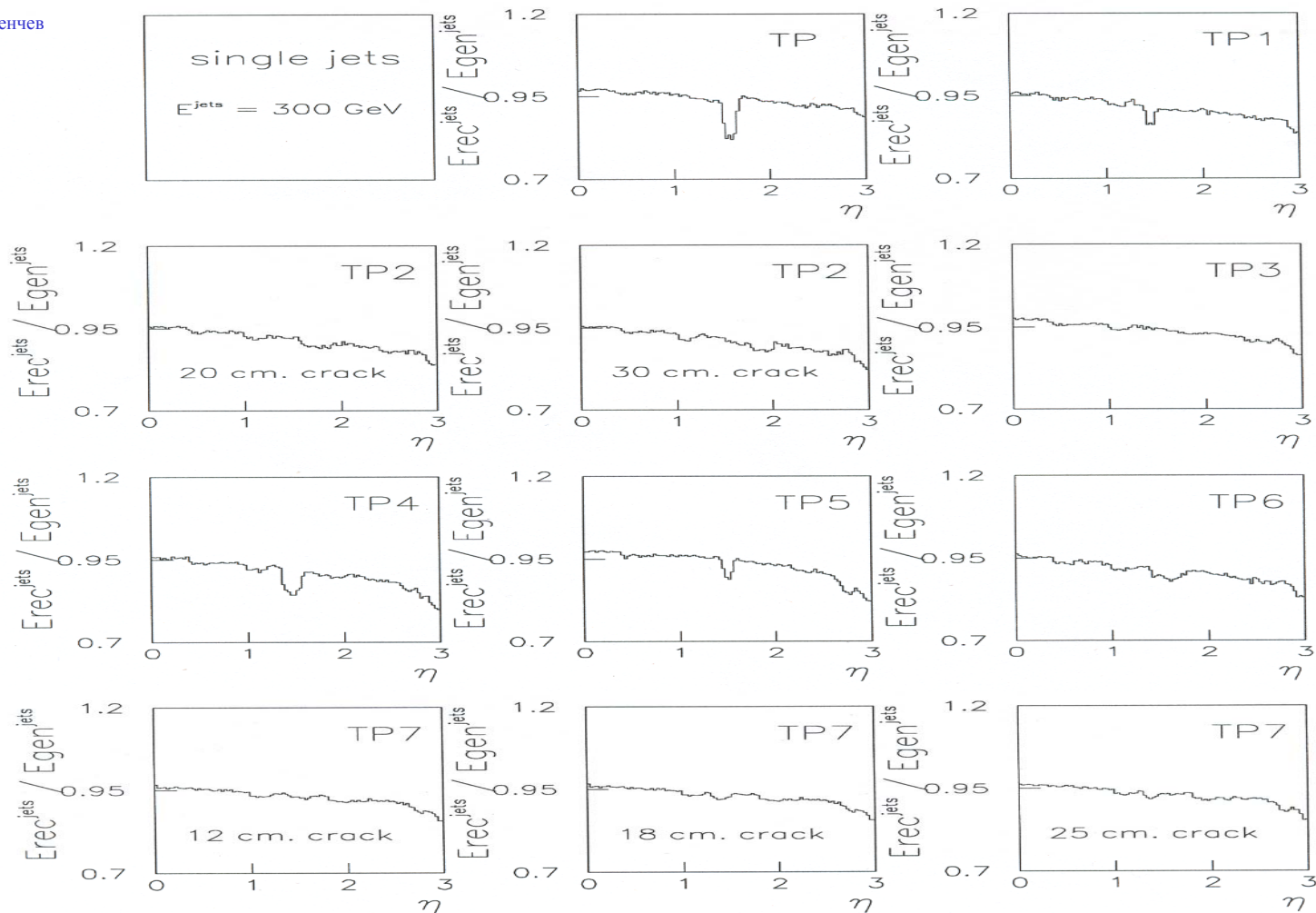




# Нса! равномерност на отклика - ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



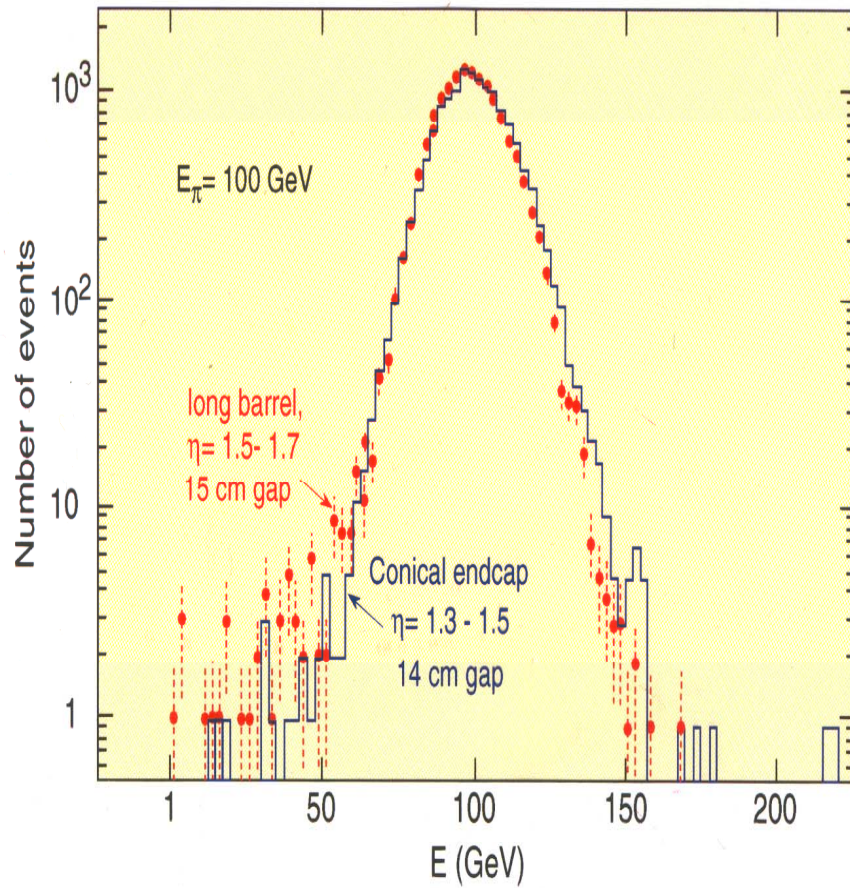


# НсаI: изтичане на енергия ИЯИЯЕ

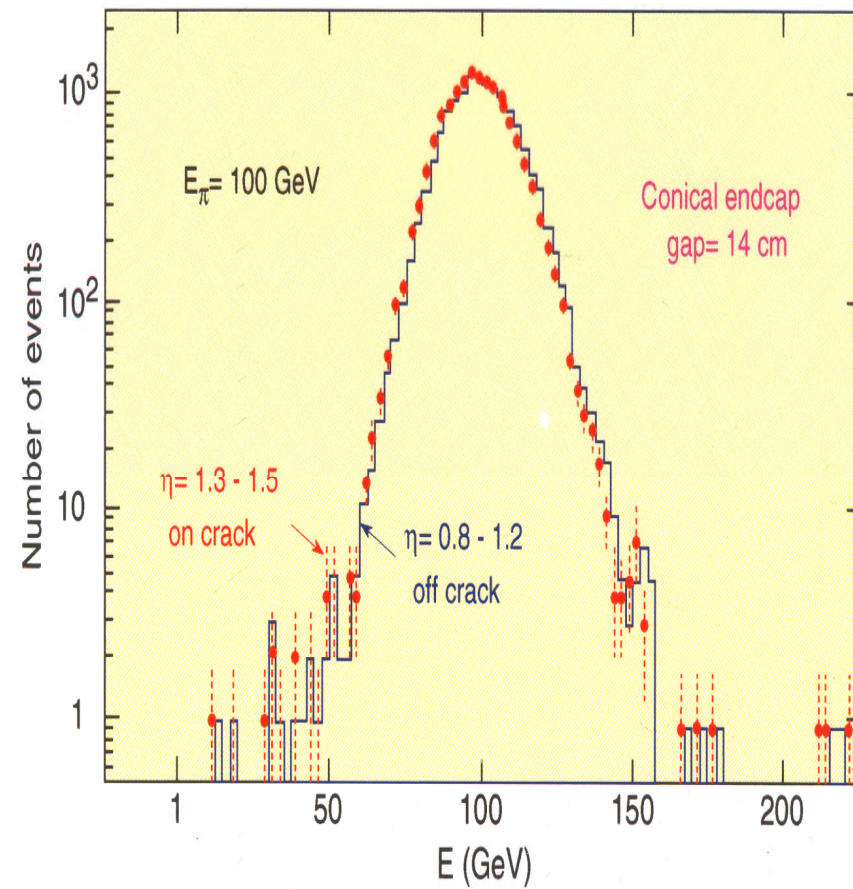
ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев

- Long barrel vs conical endcap



- Conical endcap response

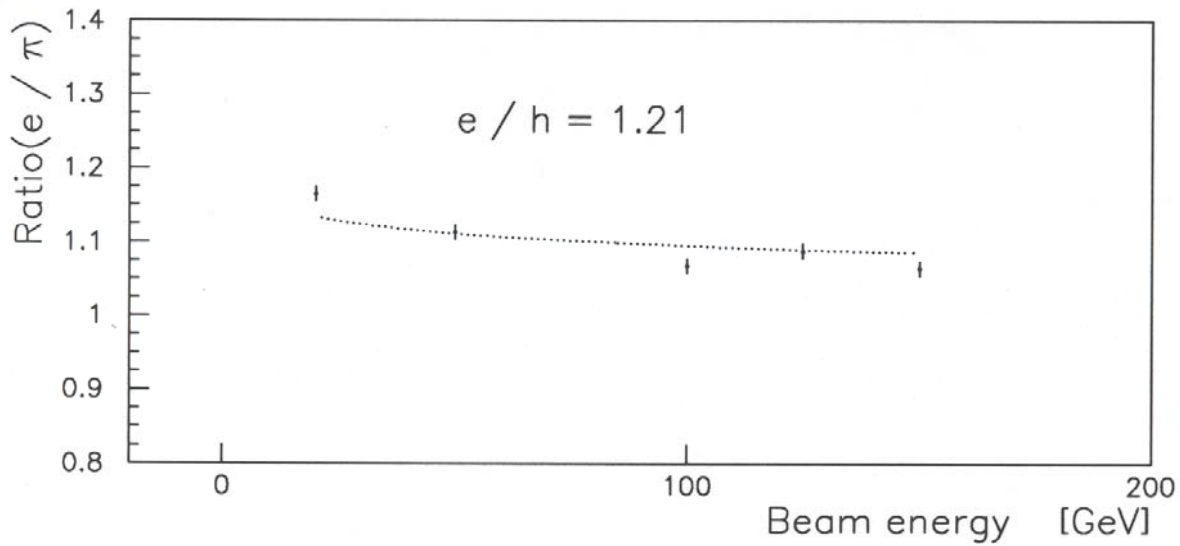
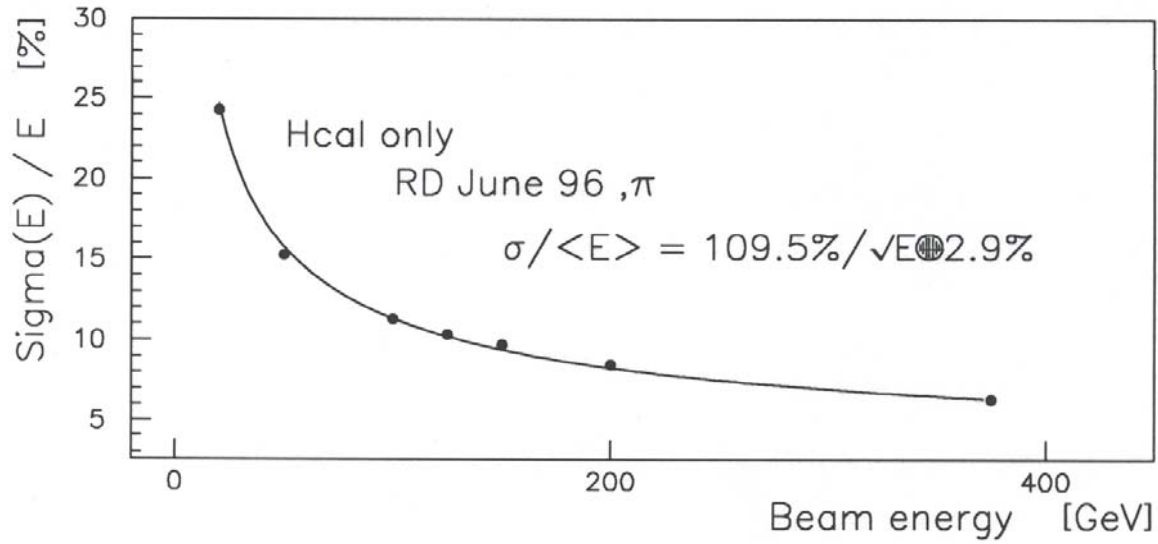




В. Генчев

# Нcal: изследване на прототипа – ИЯИЯЕ + СУ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008



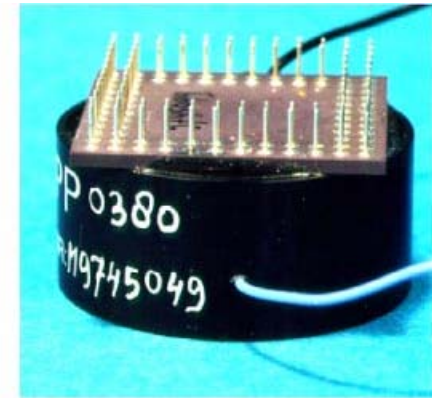


# Нса1: HVзахранване ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев

## HPD



- Мах работно напрежение: **14 kV**
- Мах тестово напрежение: **15 kV**
- Разрешение: **4 V**
- Дълговременна стабилност: **< 0.1%**
- Точност на напрежението: **1%**
- Изходен ток: **0 - 40  $\mu$ A**
- компютърно управляемо



# НсаI: HVзахранване ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев





# Нса1 – производство на абсорбер

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



1996  
Медни плочи

1997  
Месингови плочи

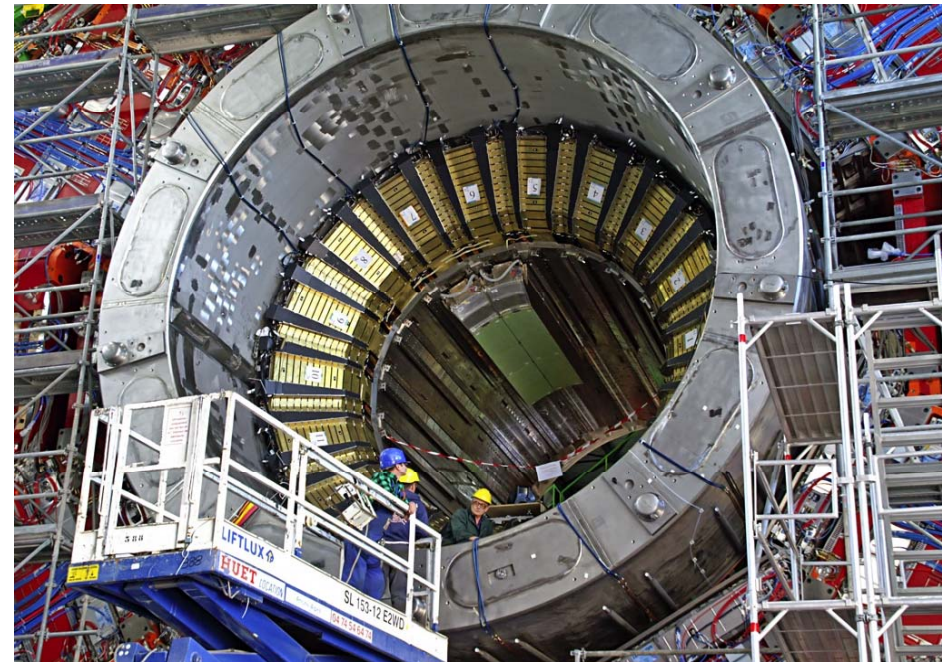




# Нса1 – производство на абсорбер

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



1997  
700 t Месингови плочи





# Fiscal – HV захранване ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



2 kV





В. Генчев

**ЦЕРН днес:**  
**20 Европейски страни**  
**България член от 1999**  
 8 Страни наблюдатели:  
 САЩ, Япония, Индия, Турция...



1999

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

### The Twenty Member States of CERN



Member States (Dates of Accession)

AUSTRIA (1959)	DENMARK (1953)	GREECE (1953)	NORWAY (1953)	SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
BELGIUM (1953)	FINLAND (1991)	HUNGARY (1992)	POLAND (1991)	SWEDEN (1953)
BULGARIA (1999)	FRANCE (1953)	ITALY (1953)	PORTUGAL (1986)	SWITZERLAND (1953)
CZECH FR (1993)	GERMANY (1953)	NETHERLANDS (1953)	SLOVAK FR (1993)	UNITED KINGDOM (1953)

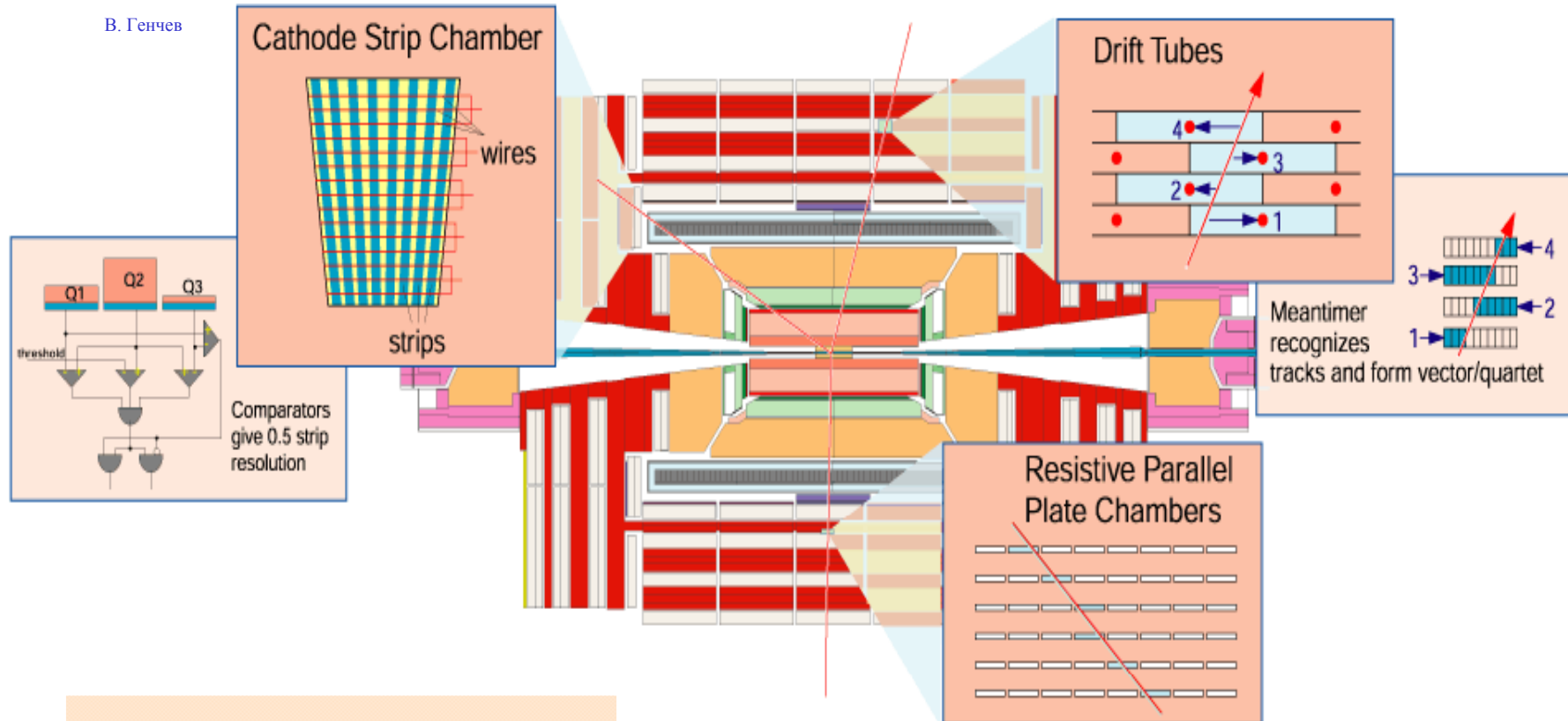
CERN AC/DI/DM - ES 168 1999 - 15/6/99



# CMS: Мюонна система

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



**България: CSC & RPC**



В. Генчев

## CMS: Катодни стрипови Камери - ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

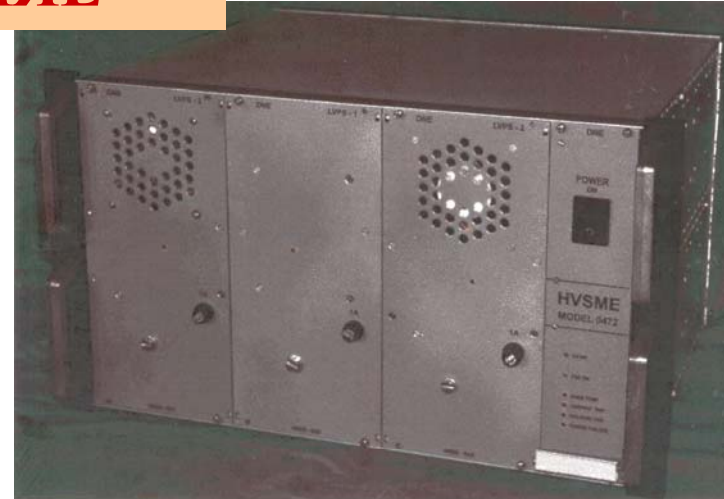
- ХУ прецизна маса
- газова система
- компютерно управляемо HV захранване

### Технически параметри:

- напрежение: 0 - 4000 V
- ток: 0 – 0.4 mA
- стабилност: < 0.1%

### Модул:

- брой канали: 12
- контрол: напрежение, max. ток, изходно напрежение за всички канали в модула

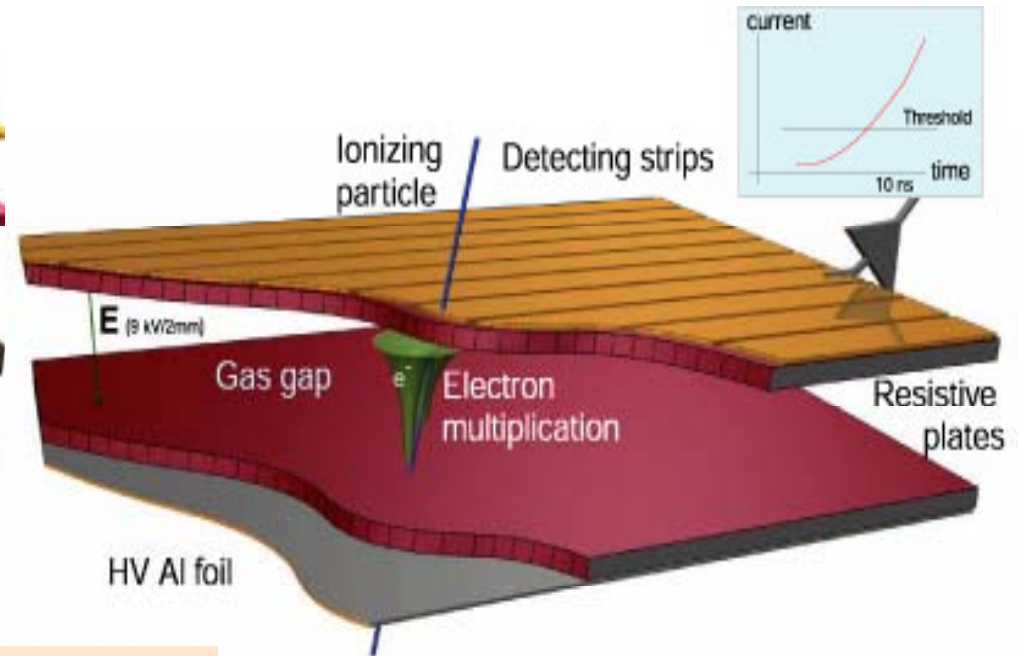
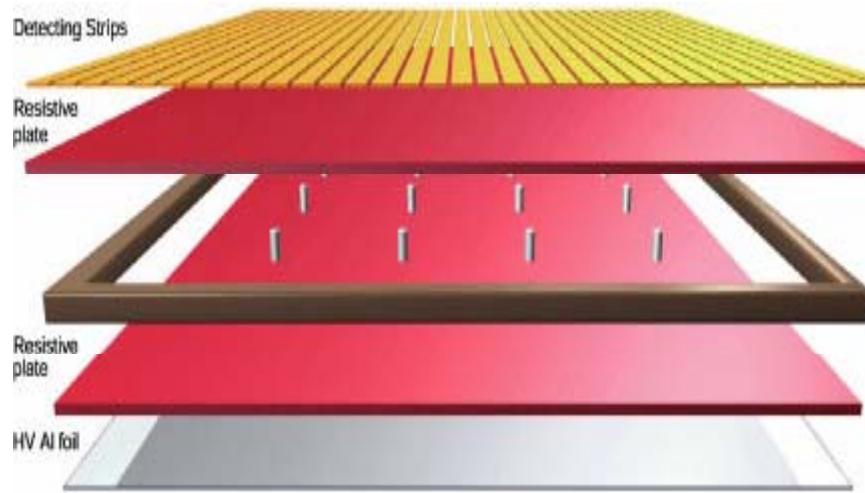




# RPC: Камери със съпротивителни плоскости

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



## ИЯИЯЕ и СУ

- производство на мех. елементи
- сглобяване и тестване на 125 RB3 камери
- интегриране в CMS

RPC - лесни за производство и евтини. Могат да се покрият големи площи.  
**Времето им разрешение е превъзходно.**

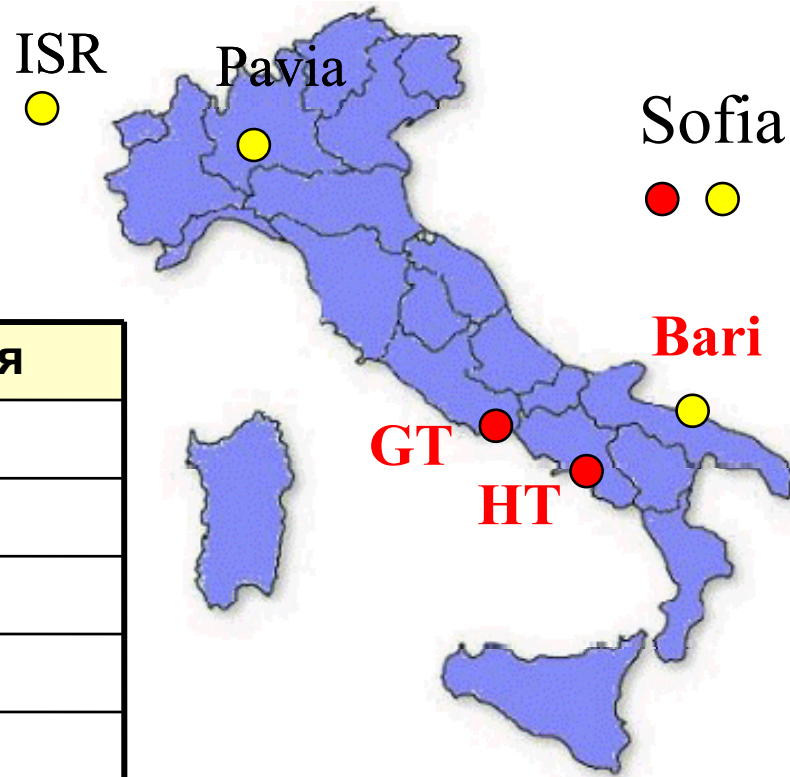


В. Генчев

# RPC: Производство и тестване

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

- производство
- тестване



	ИЗИСКВАНИЯ
разрешение по време	$\leq 2 \text{ ns}$
ефективност	$\geq 95 \%$
честота	$\geq 1 \text{ kHz/cm}^2$
шум	$\leq 5 \text{ Hz/cm}^2$
вероятност за стример	$\leq 10 \%$
HV плато	$\geq 300 \text{ V}$



# RPC: Производство ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

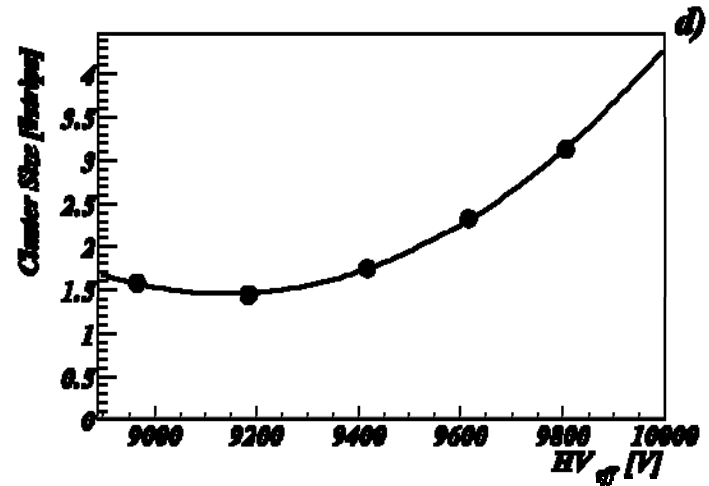
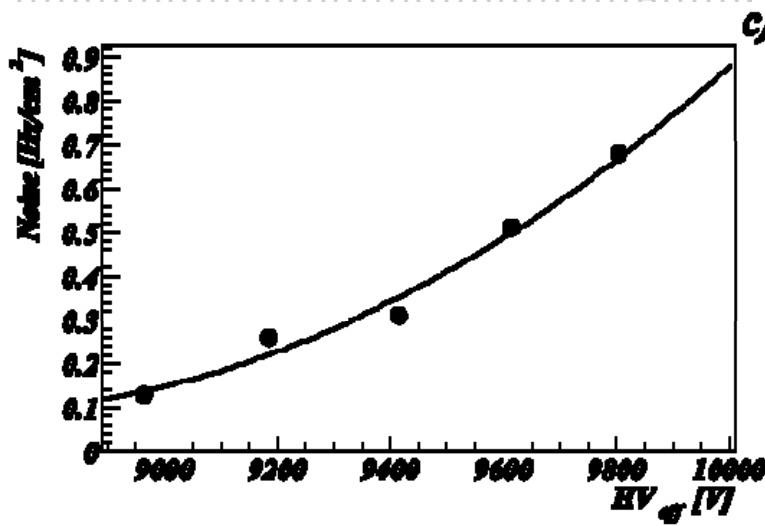
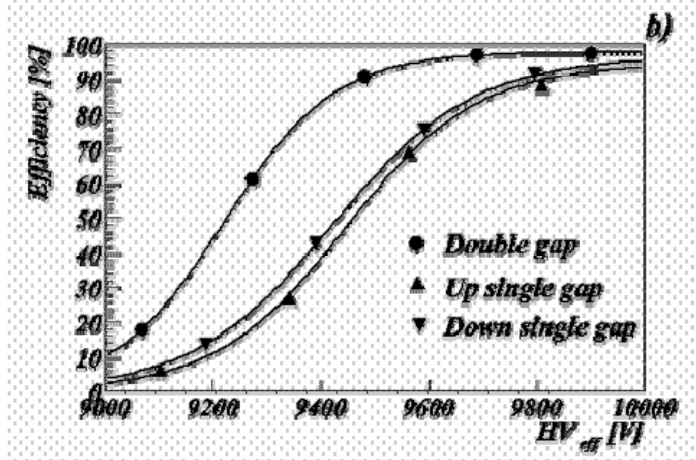
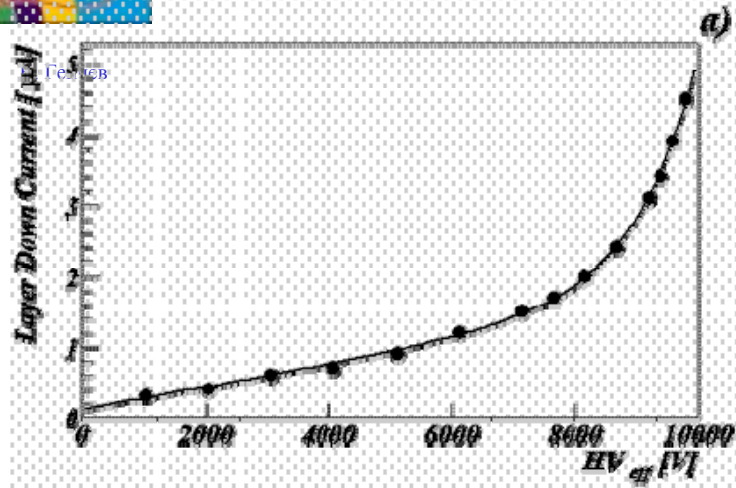
В. Генчев





# RPC: Тестване

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008







## RPC: Транспортиране до ЦЕРН и тестване

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев





# RPC: Свързване с DT и инсталиране в CMS

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев



ИЯИЯЕ и СУ





В. Генчев

## RPC: Кабелиране ИЯИЯЕ

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008



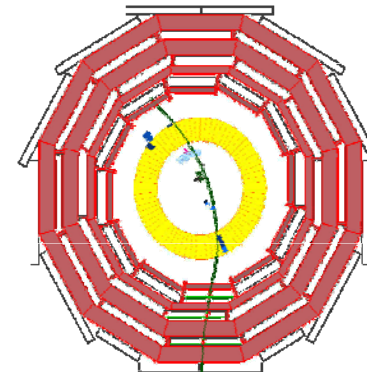
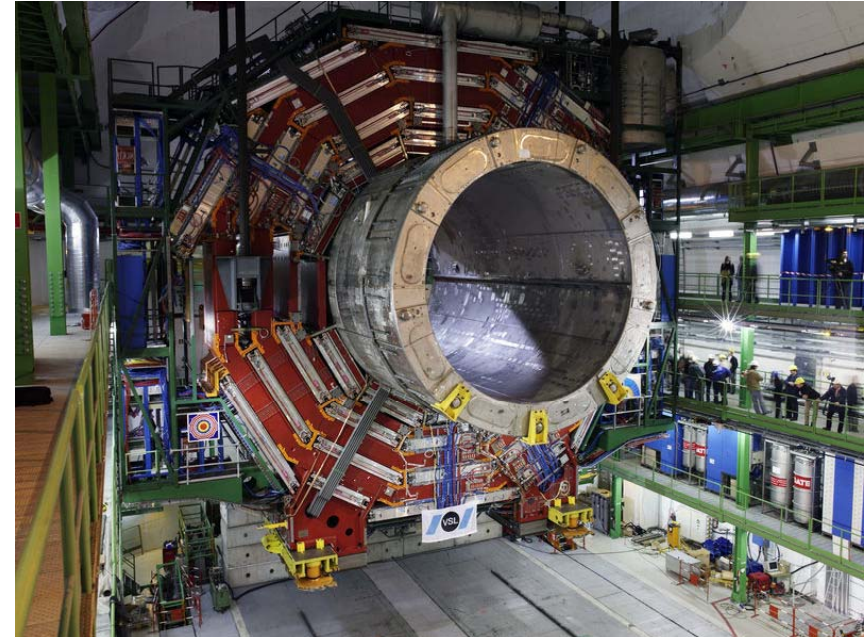
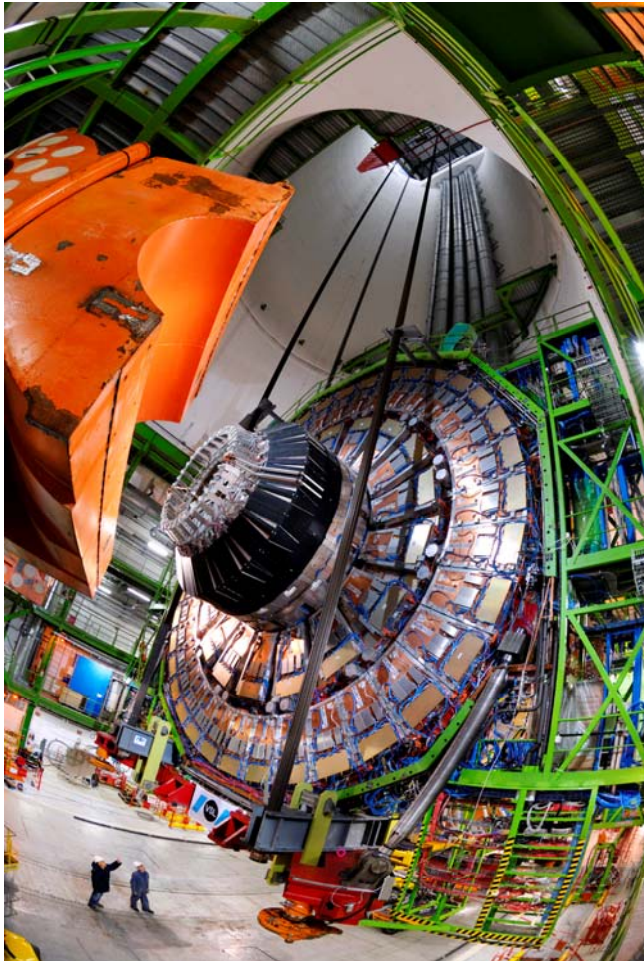
Около 43'000 кабела с обща  
дължина от 1'200 km бяха  
инсталирани



# CMS: Космически тест

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев





# Заклучение

ЦЕРН, 13-17 Октомври 2008

В. Генчев

