

# What Next Standard Model

Aleandro 19 Marzo 2014

INFN - Roma

# Preparazione WS Elba

- Prima discussione con Franco Bedeschi il 10 Febbraio.
- Link ws:  
<https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7567>

# Workshop Elba (1)

- Workshop sulla strategia futura della CSN1 come deciso alla riunione di Novembre scorso
- Titolo:
  - The next 10 years of accelerator based experiments. The long term strategy of INFN-CSN1
- Location, date: Isola d'Elba, 24-26 maggio 2014
  - Possibile spostamento al 26-28
- Scientific Committee:
  - Ferroni, Zoccoli, Bedeschi, responsabili nazionali CSN1
- Advisory Committee:
  - Coordinatori CSN1
- This event is an integral part of the INFN "[What's Next](#)" process started with the kick-off meeting held in Rome on April 7-8, 2014."

# Workshop Elba (2)

- Goal of the workshop:
  - The goal of this workshop is the **development of a strategic plan** for the CSN1 to be executed over the next **10-year timescale**, in the **context of a 20-year global vision** for the field. The plan should identify **clear scientific priorities**, while taking into account technical readiness and financial feasibility of the potential new activities and infrastructures. **The unique aspects of the science achievable with accelerator based experiments relative to other approaches should also be emphasized.**

# Workshop Elba (3)

- Working groups and conveners:
  - BSM: ricerche dirette di nuova fisica
    - Sperimentali: Giacomo Polesello, Shahram Rahatlou
    - Teorici: Andrea Wulzer, Andrea Romanino
  - SM: misure di precisione del Modello Standard
    - Sperimentali: Aleandro Nisati, Roberto Tenchini
    - Teorici: Giampiero Passarino, Stefano Forte
  - HF: fisica del flavor con quarks e leptoni
    - Sperimentali: Concezio Bozzi, Guglielmo De Nardo
    - Teorici: Gino Isidori, Luca Silvestrini
  - NP-QCD: fisica adronica non perturbativa
    - Sperimentali: Marta Ruspa
    - Teorici: Mauro Anselmino, Gilberto Colangelo, Luca Trentadue

# What's next? (1)

- Entanglement~:@#?!
- Deciso nel CD del 19 dicembre
  - Organizzatori: Masiero, Battiston, Fucito
- Scopo del workshop:
  - Discutere dei futuri scenari per grosse iniziative di CSN1 e CSN2.
  - Primo passo di un processo che si completerà forse nel 2015
  - Workshop CSN1 dell'Elba e' la nostra naturale continuazione
- Formato:
  - Working Groups tematici lavorano e presentano relazioni al workshop con adeguato spazio per discussione.
  - E' incoraggiata la massima trasversalita' tra WG

# Cosa e' richiesto per What Next?

- Riunione dei convener di What Next convocata da Masiero il giorno 26 Febbraio 2014, Presidenza, con connessione remota.
- Masiero ha cercato di spiegare cos'e' e cosa non vuole/deve essere What Next:

# What next

## Cosa non vuole/deve essere

- No “roadmap”, no “white paper” su strategie per il futuro, in discussione (European Strategy - Cracow, Snowmass)

## Cosa dovrebbe essere

- Produrre idee nuove, progetti e innovativi strategie finora trascurati/e o ignorati/e, con coinvolgimento globale dell'INFN, che superi le logiche e le strutture di “Commissioni CSNx”:
  - Esempio: LNS propone di fare misure di elementi di matrice nucleare per misure di doppio  $\beta$ ; questo e' un esempio di cosa si puo' fare in CSN3
- Coinvolgimento di giovani ricercatori nella formulazione di idee nuove



# What next

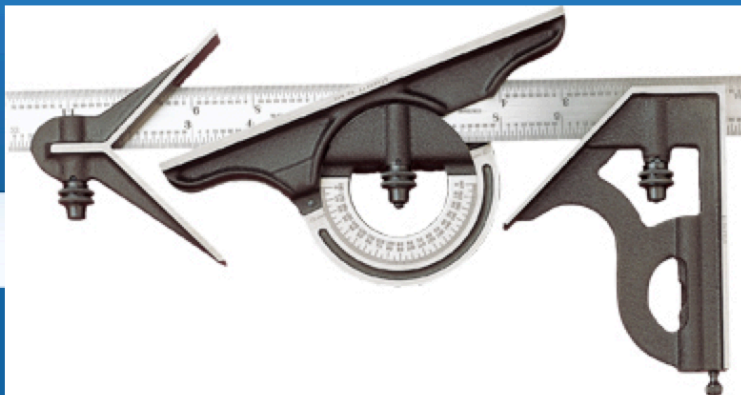
- La riunione del 7 e 8 aprile e' un primo appuntamento per una attivita' che presumibilmente potrebbe concludersi nell'estate del 2015.
  - Link workshop 7/8 aprile: <https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7588>
- L'attivita' e' organizzata in gruppi di lavoro che si incontrano per discutere idee e proposte nuove (o anche espandere/sviluppare quelle che ci sono gia'... (AN))

# Gruppi di lavoro – What Next

	CONVENER GRUPPI DI LAVORO			
	CSN1	CSN2	CSN3	CNS4
Dark Matter	TBD	Mazziotta, Ianni		Fornengo, Ullio
Neutrini (DBD, Oscillazioni)		Terranova, Brofferio, Spurio		Lisi, Giunti
Radiazione Cosmica		Bertucci, Sapienza De Angelis	Busso	Vissani, Aloisio
Onde gravitazionali		Vitale, Punturo		V. Ferrari
Fisica Fondamentale		Calarco, Carugno	Testera	Pascazio, Tarantino
New directions		De Bernardis	Battaglieri	Melchiorri, Bartolo
Misure di precisione SM	Nisati, Tenchini		Dainese	Passarino, Forte
Flavour	Bozzi, De Nardo		Gianotti	Isidori, Silvestrini
Beyond SM	Polesello, Rahtlow			Wulzer, Romanino

# Gruppo di lavoro *Standard Model*

- Cosa abbiamo fatto:
  - Pagina indicio disponibile a questo indirizzo, per iscriversi al gruppo e sottoporre proposte: <https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7638>



## What's Next: pagina del gruppo di lavoro "Standard Model"

7-8 April 2014  
Europe/Rome timezone

### Overview

Programma di lavoro

Registration

Registration Form

Call for Abstracts

View my abstracts

Submit a new abstract

Contribution List

My conference

Questa pagina rappresenta uno strumento di lavoro per il GdL Standard Model. Chi e' interessato a partecipare e contribuire e' invitato ad iscriversi, ed eventualmente inviare materiale inserendo un abstract a cui si puo' allegare una nota o un articolo ("Submit a new abstract" nel menu a sinistra).

**Dates:** from 07 April 2014 08:00 to 08 April 2014 18:00

**Timezone:** Europe/Rome

**Location:**

**Chairs:** [Dainese, Andrea](#)  
[Forte, Stefano](#)  
[Nisati, Aleandro](#)  
[Passarino, Giampiero](#)  
[Tenchini, Roberto](#)

# programme

- Il programma di lavoro si articola in **piu' fasi: una prima fase** da qui all' appuntamento del 7-8 aprile serve per costituire i gruppi di lavoro che metteranno insieme del materiale e soprattutto delle idee per tracciare il cammino vero e proprio; l'incontro del 7-8, il kickoff del programma, sara' il momento per mettere insieme questo lavoro preparatorio dei vari gruppi di lavoro e anche per far intervenire nel processo persone che non fossero entrate in tali WG, ma che siano interessate alle domande di cui sopra; **una seconda fase**, da aprile fino, grosso modo, alla fine dell'anno, in cui i WG lavorano veramente sul materiale e sulle idee portate il 7-8 aprile arrivando a delle proposte concrete e a una selezione su quali convergere (il Workshop della CSN1 dell'Elba, 22-24 Maggio, si inserisce in questa fase); **una terza fase** fino alla primavera-estate del 2015 in cui si arrivera' a compimento del percorso (con un documento finale che contenga risposte e proposte di fisica e non una lista delle spesa di tante cose belle che si potrebbero fare). Il mandato dei GdL, che sono aperti a tutti coloro che sono interessati a contribuire, è quello di preparare la discussione del 7-8 aprile, affrontando per ogni area alcuni punti chiave.

# Punti da affrontare per i Gruppi di Lavoro

1. Identificazione dei problemi cruciali di fisica nel dato settore.
2. Analisi del potenziale delle imprese in corso nel dato settore
3. Analisi delle motivazioni teoriche che giustificano l' attesa di importanti scoperte dalle imprese in corso o previste a medio termine.
4. Che progressi scientifici potrebbero invece essere possibili in questo settore a 10, 20 o piu' anni da adesso?
5. Quale sarebbe la rilevanza di imprese a lungo termine in questo settore nel contesto complessivo della fisica delle particelle elementari.
6. Quali sono i limiti oggettivi delle tecniche esistenti (e.g. limiti dovuti alle incertezze sulle PDF nella ricerca di segnali di nuova fisica)
7. Quali potrebbero essere invece la sensibilità e nuovi limiti intrinseci di potenziali nuove misure a medio/lungo termine in questo campo?
8. Ci sono misure in campi affini o tecniche sperimentali alternative che possono dare risultati complementari o migliorare quelli ottenibili nei modi usuali? (es. misure di bassa energia, fisica dello spin...)
9. Quali sono le infrastrutture di ricerca, sia esistenti che future, adatte/ necessarie per ottenere i migliori risultati?
10. Quali progressi tecnologici sono necessari per realizzare le nuove infrastrutture o rivelatori di nuova generazione? (e.g. uso di memorie associative per la selezione on-line di eventi nella fisica dell'Higgs)

# Documento di lavoro

## Contents

<b>1</b>	<b>General goals</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Scenarios</b>	<b>1</b>
2.1	Scenarios for LHC physics . . . . .	2
2.2	Physics at the ILC . . . . .	4
2.3	The far future . . . . .	5
2.4	Summary: a new frontier? . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Crucial measurements</b>	<b>6</b>
3.1	Higgs Properties and Couplings . . . . .	7
3.1.1	Precision coupling measurements . . . . .	7
3.1.2	Rare and invisible decay modes . . . . .	8
3.1.3	CP violation measurement . . . . .	10
3.1.4	New trends in measuring the Higgs boson natural width . . . . .	11
3.2	Gauge boson production, top mass and electroweak fits . . . . .	12
3.3	Other crucial measurements in Gauge boson production . . . . .	13
3.4	Other Crucial measurements in Top production . . . . .	13
3.5	QCD . . . . .	14
3.6	Vector Boson Scattering . . . . .	14
3.7	HH pairs . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Theoretical issues related to measurements</b>	<b>16</b>
4.1	Electroweak . . . . .	16
4.2	QCD . . . . .	17
4.3	Tools . . . . .	17
4.3.1	Theoretical uncertainties . . . . .	17
4.3.2	Monte Carlo usage and tuning . . . . .	18

# Crucial measurements: Higgs Properties and Couplings

- Precision in measuring couplings
- Rare and “invisible” decay modes
- Search for CP violation in the Higgs sector
- Natural width: direct and “indirect” measurements



# An Example: Higgs boson couplings @ LHC

Table 1: Precision on the measurements of  $\kappa_\gamma$ ,  $\kappa_W$ ,  $\kappa_Z$ ,  $\kappa_g$ ,  $\kappa_b$ ,  $\kappa_t$ ,  $\kappa_\tau$ ,  $\kappa_{Z\gamma}$ , and  $\kappa_\mu$ . These values are obtained at  $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$  using an integrated dataset of  $300 \text{ fb}^{-1}$  at LHC, and  $3000 \text{ fb}^{-1}$  at HL-LHC. Numbers in brackets are % uncertainties on the measurements estimated under [no theory uncertainty, current theory uncertainty] for ATLAS and [optimistic, pessimistic] systematic experimental and theoretical uncertainties for CMS.

$L(\text{fb}^{-1})$	Exp.	$\kappa_\gamma$	$\kappa_W$	$\kappa_Z$	$\kappa_g$	$\kappa_b$	$\kappa_t$	$\kappa_\tau$	$\kappa_{Z\gamma}$	$\kappa_\mu$
300	ATLAS	[8,13]	[6, 8]	[7, 8]	[8, 11]	N/a	[20, 22]	[13, 18]	[78, 79]	[21, 23]
	CMS	[5, 7]	[4, 6]	[4, 6]	[6, 8]	[10, 13]	[14, 15]	[6, 8]	[41, 41]	[23, 23]
3000	ATLAS	[5, 9]	[4, 6]	[4, 6]	[5, 7]	N/a	[8, 10]	[10, 15]	[29, 30]	[8, 11]
	CMS	[2, 5]	[2, 5]	[2, 4]	[3, 5]	[4, 7]	[7, 10]	[2, 5]	[10, 12]	[8, 8]

# An Example: Higgs boson couplings @ ILC

## Canonical ILC program

( $M_H = 125$  GeV)

250 GeV: 250 fb<sup>-1</sup>  
 500 GeV: 500 fb<sup>-1</sup>  
 1 TeV: 1000 fb<sup>-1</sup>

$P(e^-,e^+) = (-0.8, +0.3)$  @ 250, 500 GeV

$P(e^-,e^+) = (-0.8, +0.2)$  @ 1 TeV

coupling	250 GeV	250 GeV + 500 GeV	250 GeV + 500 GeV + 1 TeV
HZZ	1.3%	1.3%	1.3%
HWW	4.8%	1.4%	1.4%
Hbb	5.3%	1.8%	1.5%
Hcc	6.5%	2.9%	2.0%
Hgg	7.0%	2.5%	1.8%
H $\tau\tau$	5.7%	2.5%	2.0%
H $\gamma\gamma$	25%	12%	5.2%
H $\mu\mu$	-	-	16%
$\Gamma_0$	11%	5.9%	5.6%
Htt	-	16%	3.8%

Figure 2: Expected Higgs boson coupling accuracies at the ILC assuming different centre-of-mass energies and different integrated luminosities.

# An Example: Higgs boson couplings @ TLEP

Table 2: Relative statistical uncertainty on the Higgs boson couplings, as expected from the physics programme at  $\sqrt{s} = 240$  and  $350$  GeV at TLEP. (The first column indicates the expected precision at TLEP when the sole  $240$  GeV data are considered. The substantial improvement with the inclusion of the  $350$  GeV data – in the second column – mostly stems from the precise total Higgs boson width measurement, which constrains all couplings simultaneously.) The numbers between brackets indicates the uncertainties expected with two detectors instead of four. For illustration, the uncertainties expected from the ILC baseline programme at  $250$  and  $350$  GeV are also given. The first three columns give the results of a truly model-independent fit, while the last two include the two assumptions made in Ref. [24] on the W/Z couplings and on the exotic decays, for completeness and easier comparison. The column labelled "TLEP-240" holds for the sole period at  $240$  GeV for TLEP. The last line gives the *absolute* uncertainty on the Higgs boson branching fraction to exotic particles (invisible or not).

Coupling	Model-independent fit			Constrained fit	
	TLEP-240	TLEP	ILC	TLEP	ILC
$g_{HZZ}$	0.16%	<b>0.15%</b> (0.18%)	0.9%	0.05% (0.06%)	0.31%
$g_{HWW}$	0.85%	<b>0.19%</b> (0.23%)	0.5%	0.09% (0.11%)	0.25%
$g_{H\bar{b}b}$	0.88%	<b>0.42%</b> (0.52%)	2.4%	0.19% (0.23%)	0.85%
$g_{H\bar{c}c}$	1.0%	<b>0.71%</b> (0.87%)	3.8%	0.68% (0.84%)	3.5%
$g_{Hgg}$	1.1%	<b>0.80%</b> (0.98%)	4.4%	0.79% (0.97%)	4.4%
$g_{H\tau\tau}$	0.94%	<b>0.54%</b> (0.66%)	2.9%	0.49% (0.60%)	2.6%
$g_{H\mu\mu}$	6.4%	<b>6.2%</b> (7.6%)	45%	6.2% (7.6%)	45%
$g_{H\gamma\gamma}$	1.7%	<b>1.5%</b> (1.8%)	14.5%	1.4% (1.7%)	14.5%
$BR_{\text{exo}}$	0.48%	<b>0.45%</b> (0.55%)	2.9%	0.16% (0.20%)	0.9%

# Not only Higgs boson precision measurements

- Gauge boson production, top production and mass, ew fits
- Vector Boson Scattering
- QCD
- Higgs Boson Pair production
- Theoretical issues related to measurements
  - Example: accurate calculation for Higgs production at NNNLO, PDFs,  $\alpha_s$ , ...

# A few proposal already submitted

- Testing special relativity through decay of high energy particle
- Projections for Top FCNC Searches in  $3000 \text{ fb}^{-1}$  at the LHC (CMS)
- Projected improvement of the accuracy of top-quark mass measurements at the upgraded LHC (CMS)