
ATLAS: un esperimento al CERN di Ginevra

Andrea Ventura

Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi", e INFN - Sezione di Lecce.

Una collaborazione di 3000 scienziati per uno degli esperimenti di Fisica delle Particelle più grandi del mondo.

Dai primi passi mossi all'inizio dello scorso secolo nella ricerca dei meccanismi che governano i costituenti fondamentali della materia e le loro interazioni, la Fisica delle Particelle Elementari ha subito fino ad oggi un'evoluzione del tutto straordinaria, superiore per molti aspetti a quella avvenuta in molti altri settori della scienza moderna. Sul piano sperimentale, in particolare, i risvolti che delineano la portata di questo epocale cambiamento hanno implicazioni non soltanto nel contesto squisitamente scientifico della fisica particellare, ma conducono anche a considerazioni su vari ambiti della conoscenza e dell'esperienza, aprendo così la strada a sempre più avvincenti sfide di carattere tecnologico, ma anche umano e sociale. Se fino a pochi decenni fa le più mirabili scoperte della fisica subnucleare si erano dimostrate possibili grazie a strumentazioni di laboratorio certamente all'avanguardia, ma con costi tutto sommato sostenibili dal bilancio scientifico di una singola nazione, e coinvolgendo un numero ristretto di scienziati, per quanto di eccellente ed irripetibile levatura, col passare del tempo sono cresciute enormemente le richieste in termini di risorse umane, tecnologiche e quindi finanziarie, necessarie a completare il quadro delle conoscenze man mano acquisite.

Dopo una lunga serie di esperimenti che si sono tenuti, e continuano a svolgersi, in alcuni dei più rinomati laboratori di tutto il mondo, grazie al lavoro di generazioni e generazioni di fisici, oggi la più grande impresa di ogni tempo nello studio sperimentale delle interazioni fondamentali si trova al CERN di Ginevra ed è costituita dal Large Hadron Collider (LHC) e dai suoi quattro esperimenti principali (ATLAS, CMS, ALICE e LHCb).

L'acceleratore LHC è collocato in un tunnel sotterraneo della lunghezza di quasi 27 km, al confine tra il territorio svizzero e quello francese. È lo stesso tunnel che fu inizialmente impiegato per ospitare il Large Electron-Positron Collider (LEP), l'acceleratore e^+e^- entrato in funzione nel 1989, e che, in poco più di un decennio di presa dati, ha consentito una serie straordinaria di test di precisione del Modello Standard, tra cui la misura della massa dei bosoni Z e W, e la determinazione del numero di famiglie di neutrini leggeri, fino a sfiorare nel 2000, senza successo, la possibilità di dare evidenza sperimentale dell'esistenza del bosone di Higgs attorno a una massa di 114 GeV. Progettato per accelerare protoni all'energia nel centro di massa di 14 TeV, LHC ha subito circa tre anni di ritardo rispetto all'avvio previsto nel 2005, per poi ricevere una brusca interruzione di oltre un anno quando, nel settembre 2008, un grave incidente causò una copiosa fuga di gas, compromettendo il funzionamento dei tubi a vuoto e di alcuni dei circa

1700 magneti superconduttori in lega di niobio e titanio, per i quali il sistema criogenico basato su elio liquido superfluido deve operare alla temperatura di appena 1.9 K.

Alla ripresa delle attività, LHC ha stabilito nel 2010 il record della massima energia mai raggiunta presso acceleratori di particelle (7 TeV), fino ad allora appartenente al Tevatron, migliorandolo nel 2012 (8 TeV) con una crescente luminosità istantanea, il cui valore più elevato finora ottenuto ($7.73 \cdot 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) è solo di poco inferiore ai $10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ previsti dal progetto. La presa dati protone-protone si è ultimata lo scorso 17 dicembre, con una luminosità integrata complessiva di circa 25fb^{-1} , una considerevole mole di dati che ha permesso agli esperimenti collegati di effettuare tantissime misure della fisica nota e di estendere notevolmente molti limiti di esclusione alla ricerca di nuovi scenari, fino a culminare con la scoperta di una nuova particella a 125 GeV compatibile con l'attesissimo bosone di Higgs.

A beneficiare dei dati fin qui raccolti sono stati soprattutto ATLAS e CMS, i due esperimenti *general-purpose* di LHC, costruiti per interessarsi ad un ampio spettro di canali di fisica, mentre i programmi di ALICE e LHCb si sono maggiormente concentrati in settori più specifici: la fisica degli ioni pesanti e le proprietà dei mesoni B, rispettivamente. Nel caso di ATLAS, le imponenti dimensioni dell'apparato sperimentale (oltre due volte quelle della Cappella Sistina) o anche il numero elevatissimo di canali di elettronica ad esso connessi (qualcosa come cento milioni) o la lunghezza complessiva dei cavi impiegati (oltre 3000 km), suggeriscono solo una parte dell'immenso sforzo profuso per produrre risultati di fisica in questo campo. Il *modus operandi* dell'intera Collaborazione ATLAS, un vero e proprio esercito di 3000 persone tra fisici, ingegneri e tecnici, è esso stesso un aspetto determinante che può dare l'idea di come attualmente si sia evoluta la ricerca sperimentale nel settore della fisica particellare. La Collaborazione si articola e si organizza in base a regolamenti e procedure ormai collaudati da due decenni, attraverso appositi comitati, sia eletti che nominati, che assicurano lo svolgimento ottimale di tutte le attività previste nelle varie fasi dell'esperimento, dalla formazione dei gruppi di lavoro fino alla pubblicazione dei risultati delle analisi. A colla-

borare ad ATLAS vi sono circa 180 università e istituti di ricerca da una quarantina di paesi di tutto il mondo: ci sono ricercatori e professori di tutte le età, ma anche studenti, dottorandi e post-doc, i quali dedicano la maggior parte del proprio tempo per contribuire al successo dell'esperimento in base alle loro conoscenze e alle loro capacità, cooperando senza distinzione di condizione sociale, politica o religiosa. Al di là dei ruoli e delle competenze ogni membro della Collaborazione è tenuto a svolgere del lavoro di servizio, opportunamente definito e certificato, necessario al funzionamento di qualche parte dell'esperimento. Tale lavoro deve essere svolto per un determinato periodo nella fase di ingresso nella Collaborazione al fine di potersi qualificare ed ottenere così il diritto di firmare gli articoli tecnici e scientifici di ATLAS e, successivamente, in modalità più o meno continuativa nel tempo a seconda del tipo di attività ed in base ad un ben definito sistema di crediti.

Oltre ai periodici incontri plenari, il CERN ospita quotidianamente gran parte delle riunioni relative agli esperimenti e alle sue varie componenti. Per ottimizzare la logistica di una collaborazione così vasta, la partecipazione di tutti i membri coinvolti in ogni attività è consentita da collegamenti in videoconferenza tramite un apposito sistema di connessione, ed anzi, una grossa parte delle riunioni avviene solo per via telematica, tipicamente fissando orari nella parte centrale della giornata, il più possibile vantaggiosi per tutti i fusi orari dalla costa pacifica americana al Giappone e all'Australia. La comunicazione interna è resa efficiente anche grazie all'impiego di mailing list e di sharepoint, organizzati centralmente e continuamente mantenuti ed aggiornati. Dove possibile, alcune delle attività dei turni necessari al funzionamento dell'apparato durante la fase di presa dati sono rese possibili anche in remoto da tutte le sedi attraverso l'abilitazione di postazioni-computer autorizzate tramite connessione protetta.

I risultati ottenuti e i documenti prodotti dai membri della Collaborazione si possono suddividere in due categorie: quelli privati e quelli pubblici. La documentazione privata può essere visionata solo all'interno di ATLAS, e normalmente viene scritta e rilasciata su un sistema dedicato (CDS, CERN Document Server) per fina-



Figura 1: Alcune delle persone che partecipano alla collaborazione ATLAS, ad una riunione tenutasi a Copenhagen nel maggio 2012.

lità tecniche, di servizio o di supporto. Qualora necessario o richiesto dagli autori, un documento privato può essere sottoposto ad una procedura di revisione interna (tramite esperti/responsabili opportunamente selezionati), dopo la quale può essere approvato e reso pubblico: è questo il caso, ad esempio, dei talk o dei poster da presentare presso conferenze internazionali, su invito o tramite sottomissione di abstract, e dell'eventuale preparazione degli atti di convegno. La documentazione pubblica, una volta approvata, può essere proposta per la pubblicazione su riviste internazionali a nome di tutta la Collaborazione: in tal caso sono previste ulteriori fasi di controllo interno a cura di comitati editoriali e di revisione, dopo le quali finalmente può avvenire l'invio della bozza di articolo ad una rivista scientifica specializzata, seguito dal normale processo di referaggio in vista della pubblicazione finale. In questo modo, con riferimento all'ultimo biennio 2010-2012, ben duecento lavori sono stati pubblicati sulle più importanti riviste internazionali del settore, come pure sulle prestigiose *Nature* e *Science*, ottenendo ciascun articolo una media di 3-4 citazioni al mese.

Dal punto di vista finanziario il contributo italiano all'esperimento e, più in generale, a LHC si aggira attorno al 12%, ma ancor più rilevante è l'apporto in termini di risorse umane: infatti, oltre alle numerose responsabilità in ATLAS assegnate a nostri connazionali, negli ultimi quattro anni, fino allo scorso 28 febbraio, è stata italiana la portavoce dell'esperimento (Fabiola Gianotti), e analogamente sono italiani i portavoce (attualmente in carica o uscenti) degli altri esperimenti LHC, come pure il direttore per la Ricerca e le Tecnologie d'Informazione del CERN (Sergio

Bertolucci).

I ricercatori del Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università del Salento e della Sezione di Lecce dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare prendono parte ad ATLAS da ormai moltissimo tempo (a partire già dalla metà degli anni 1990), con impegni assai vari dalla progettazione, realizzazione e messa a punto di rivelatori, allo sviluppo e mantenimento di software per la ricostruzione online e offline dell'esperimento, occupandosi di numerosi ambiti sia di servizio (dal trigger ai programmi di ricostruzione degli eventi) che prettamente legati alle analisi di fisica (nel quadro del Modello Standard e oltre).

Andrea Ventura: Si è laureato a Lecce nel 1999 con una tesi sul monitoraggio on-line dell'esperimento KLOE presso l'acceleratore DAΦNE a Frascati, e ha conseguito nel 2003 il dottorato in fisica con uno studio su alcuni decadimenti rari dei kaoni carichi presso lo stesso esperimento. Dal 2004 fa parte della collaborazione ATLAS presso LHC del CERN, contribuendo prevalentemente al trigger dei muoni dell'esperimento e a numerosi studi mirati alla scoperta della supersimmetria, dapprima in qualità di assegnista di ricerca e, dal 2007, come ricercatore dell'Università del Salento.

