

» INTERVISTA



ISS: L'ESPERIMENTO AMS-02 TRA GLI OBIETTIVI DELLA MISSIONE BEYOND CON LUCA PARMITANO

Intervista con Bruna Bertucci, ricercatrice INFN e professore all'università di Perugia, vice-responsabile della collaborazione scientifica internazionale AMS-02

A partire dal 15 novembre, nell'ambito della missione Beyond, l'astronauta dell'ESA European Space Agency Luca Parmitano ha condotto quattro attività extraveicolari (EVA- ExtraVehicular Activity), l'ultima delle quali si è svolta lo scorso 25 gennaio. Scopo delle EVA è stata la sostituzione del sistema di raffreddamento del tracciatore di AMS-02 (Alpha Magnetic Spectrometer), che sta raccogliendo dati a bordo della Stazione Spaziale Internazionale (ISS) dal 2011. AMS-02 è un esperimento internazionale, cui l'Italia partecipa con l'ASI Agenzia Spaziale Italiana e l'INFN, che ha come obiettivo scientifico lo studio dei raggi cosmici, per contribuire in particolare alla ricerca sull'antimateria primordiale e sulla materia oscura. Abbiamo approfondito le operazioni, che Parmitano ha coordinato e condotto con successo così da consentire all'esperimento di proseguire la sua attività scientifica, con Bruna Bertucci, ricercatrice della Sezione INFN di Perugia e professore all'Università di Perugia, e vice-responsabile della collaborazione internazionale dell'esperimento AMS-02, guidata dal premio Nobel Samuel C. C. Ting.

Perché è stato necessario sostituire il sistema di raffreddamento del tracciatore?

Per garantire la stabilità delle condizioni di temperatura dello strumento, e quindi una migliore qualità dei dati acquisiti. AMS-02 è esposto direttamente allo spazio, quindi a temperature esterne altamente variabili, ed è isolato termicamente dal corpo della Stazione Spaziale: nella sua progettazione sono stati quindi previsti diversi sistemi di termo-regolazione per mantenere la temperatura dei suoi rivelatori e dell'elettronica per la lettura dei loro segnali nell'intervallo ottimale per il loro funzionamento.

Il tracciatore è il rivelatore più interno di AMS, ed è necessario trasferire il calore prodotto dalla sua elettronica di lettura verso l'esterno, dove può essere dissipato nello spazio. Per questo si utilizza una tubatura chiusa riempita di anidride carbonica (CO₂) come liquido refrigerante: nel tratto di circuito interno ad AMS il calore prodotto dall'elettronica provoca la parziale evaporazione della CO₂, mantenendo la temperatura costante al suo interno. Nel tratto più esterno, il circuito passa per un pannello radiatore esposto al freddo spaziale,

» INTERVISTA

che condensa di nuovo la CO₂. La circolazione del fluido è garantita da una particolare pompa meccanica, in grado di operare in condizioni di microgravità. Pur avendo previsto un sistema con alta ridondanza con due tubature indipendenti, ciascuna in grado di raffreddare il tracciatore, e con due pompe in grado di operare per ogni circuito, nel 2014 abbiamo iniziato a osservare i primi malfunzionamenti a una delle quattro pompe e quindi delle “fughe” di CO₂, il cui livello nei circuiti ha iniziato ad abbassarsi. Si è quindi resa necessaria la progettazione dell’UTTPS (*Upgraded Tracker Thermal Pump System*) che, interfacciato a una delle due tubature originali, ha permesso il riempimento con nuova CO₂ e introdotto una nuova pompa nel circuito. Ora abbiamo una riserva di 5 kg di CO₂ e di quattro pompe, che potranno garantire l’operatività di AMS per tutta la durata della ISS.

Quali operazioni ha eseguito Luca Parmitano nel corso delle attività extraveicolari?

L’insieme delle quattro EVA di Luca Parmitano e Andrew Morgan sono state necessarie per la sostituzione della parte attiva (sistema di pompe, valvole, bombole di gas) del sistema di raffreddamento del tracciatore di AMS-02.

Luca e Andrew hanno prima dovuto rimuovere dei coperchi di protezione e spostare dei cavi del tracciatore per poter avere accesso ai tubi su cui operare (EVA#1). Hanno poi effettuato un primo taglio, per far disperdere il gas presente nel sistema di raffreddamento esistente. Il passo successivo è stato quello di operare otto tagli ad altrettanti tubi in preparazione della connessione al nuovo sistema (EVA#2). Nella terza EVA hanno installato il UTTPS, il nuovo sistema che è contenuto in una scatola di circa 200 kg di peso a terra, con dimensioni di 160x80x40 cm e a cui hanno riconnesso gli otto tubi, oltre al cavo di alimentazione e di comunicazione (per mandare comandi e per leggere i dati sullo stato del sistema stesso, come temperature, pressioni ecc.). Uno degli elementi più delicati di tutta l’operazione è stata la connessione degli otto tubi che hanno un diametro di soli 4 mm e che quindi è facile danneggiare. I connettori usati sono stati sviluppati appositamente per questa operazione, con la necessità che fossero gestibili dagli astronauti con i loro pesanti guanti, in modo che non danneggiassero i tubi esistenti e che, una volta montati, fossero in grado di reggere una pressione di 30 atmosfere.

L’ultima EVA, EVA#4, è stata quella cruciale: gli astronauti hanno verificato la tenuta degli otto connettori idraulici e si è avuta una brutta sorpresa perché il primo che è stato verificato aveva una perdita. Gli astronauti hanno continuato a seguire la procedura e hanno verificato gli altri sette, non trovando nessun difetto. Luca Parmitano, in contatto con Houston dove erano presenti gli esperti sia della NASA che della Collaborazione AMS-02, ha quindi seguito la procedura già definita per questo caso e ha “stretto” una prima volta il connettore idraulico. Alla verifica, dopo un’ora, c’era ancora evidenza di una perdita e quindi il connettore è stato ulteriormente stretto. Ancora un’ora di attesa e alla seconda verifica il problema è

» INTERVISTA

risultato risolto. Sono state quindi montate le coperte termiche a protezione di tutto il sistema e il controllo è passato alla POCC (*Payload Operation Control Center*) di AMS-02 al CERN di Ginevra.

Come mai sono state necessarie quattro EVA per concludere il lavoro di sostituzione?

L'operazione è stata particolarmente complessa nel suo insieme perché è la prima volta che si è lavorato a un sistema idraulico ad alta pressione in una EVA. Inoltre, l'intero esperimento AMS-02 non era stato progettato per degli interventi di manutenzione in orbita e questo ha richiesto un grosso lavoro di preparazione e tutta l'abilità degli astronauti per riuscire a fare delle operazioni veramente uniche. In orbita ci sono una quantità infinita di dettagli che complicano la vita. Chi ha visto i filmati si è facilmente reso conto che anche solo per agguantare un attrezzo che fluttua nel vuoto ci possono volere alcuni minuti. Ogni EVA non può durare più di circa 7 ore, e solo per raggiungere AMS-02 dal punto di uscita degli astronauti dalla ISS ci vogliono circa 30 minuti, considerando il rientro vuol dire che ogni EVA può avere circa sei ore di lavoro al massimo.

Che cosa è seguito alla conclusione delle operazioni di sostituzione?

Subito dopo la quarta EVA, dopo la verifica della perfetta tenuta degli otto connettori idraulici, gli esperti del sistema UTTPS hanno lavorato per il "filling", ovvero per caricare nelle tubature la corretta quantità di gas per avere prestazioni ottimali del sistema. Alla conclusione di questa fase, dopo circa 48 ore, si è potuta avviare la pompa per far circolare il gas, quindi di fatto le operazioni nominali di raffreddamento del tracciatore. Dopo qualche ora di verifica del sistema, si è finalmente acceso completamente il tracciatore di AMS-02 e le attività di presa dati sono riprese in configurazione nominale, ovvero con tutto il sistema attivo e alle sue prestazioni di progetto.

Quali sono gli obiettivi scientifici di AMS-02?

AMS-02 è un esperimento progettato per la misura di precisione dei raggi cosmici finalizzata alla ricerca di deboli segnali di antimateria primordiale o derivante dall'annichilazione di materia oscura. Deboli quantità di antiparticelle possono essere generate nell'urto tra le particelle che compongono la radiazione cosmica e le polveri interstellari, ma ogni eccesso di antiparticelle osservato, rispetto a quanto prevedibile dalla produzione "standard", può essere potenzialmente legato alla presenza di nuove sorgenti esotiche, ad esempio annichilazioni di particelle di materia oscura o nuove sorgenti astrofisiche.

Un altro mistero dell'antimateria investigato da AMS è legato alle origini dell'universo: nel modello del Big Bang iniziale è prevista la generazione di un'eguale quantità di materia e antimateria, ma l'universo che conosciamo è fatto di materia. Ad oggi non ne conosciamo il perché, non sappiamo né quali siano i meccanismi che possano aver portato alla annichilazione di tutta l'antimateria nei primi istanti di vita

» INTERVISTA

dell'universo, né se ci siano ancora residui di antimateria di origine primordiale. L'identificazione certa di anche un singolo antinucleo nella radiazione cosmica, ad esempio antielio o anticarbonio, riveste quindi un'estrema importanza, perché potenzialmente dovuto a nuova fisica, sia che sia stato prodotto nell'universo primordiale o in fasi successive dell'evoluzione dell'universo, per esempio attraverso l'annichilazione di materia oscura, oppure mediante processi ancora non studiati nel mezzo interstellare.

Quali sono i risultati principali finora ottenuti grazie al rivelatore?

AMS-02 ha raccolto ad oggi il più completo campione di raggi cosmici mai registrato, con circa 150 miliardi di particelle rivelate dalla sua prima accensione nel 2011 ad oggi. Sulla base di questa enorme mole di dati, ha potuto misurare con straordinaria precisione il flusso delle diverse componenti di materia (nuclei atomici ed elettroni) e di antimateria, fornendo il più ricco campione di antiprotoni e positroni (antielettroni) anche a energie precedentemente inesplorate. Dai nostri dati è emersa chiaramente una componente di positroni in "eccesso" rispetto alla produzione standard, e per la prima volta ne sono state misurate le caratteristiche, quali l'energia in cui l'eccesso è massimo e come esso tenda a scomparire attorno al TeV. L'origine di questo segnale è ancora dibattuta, proviene da nuove sorgenti astrofisiche? dall'annichilazione di materia oscura? La precisione della misura è attualmente limitata dal campione statistico raccolto, e solo l'acquisizione di nuovi dati e una migliore comprensione dei meccanismi che stanno dietro l'origine, l'accelerazione e la propagazione dei raggi cosmici potrà aiutarci a risolvere questo enigma.

Ed è proprio lo studio sistematico di tutte le altre specie dei raggi cosmici, elettroni e nuclei, avviato in questi anni con AMS-02, che ci può aiutare a comprendere il quadro d'insieme. La grande statistica di eventi accumulati e l'accuratezza dei rivelatori che costituiscono AMS hanno già permesso di evidenziare caratteristiche inaspettate nelle forme degli spettri di tutti gli elementi dai protoni (nuclei di idrogeno) fino all'ossigeno, distinguendo anche i diversi comportamenti delle specie "primarie", prodotte dalle sorgenti (ad esempio protoni, elio, ossigeno), e "secondarie" (ad esempio litio, berillio, boro), prodotte principalmente nelle collisioni con il mezzo interstellare.

Qual è ora il programma di AMS-02?

Dopo questi ultimi mesi incentrati sull'installazione del UTTPS e la preparazione delle procedure per il suo utilizzo, la collaborazione scientifica può tornare finalmente alle operazioni standard di presa dati e alla loro analisi. AMS-02 è l'unico esperimento nello spazio in grado di misurare antiparticelle, e tale rimarrà per almeno la prossima decade: gli anni a venire saranno quindi cruciali per continuare la caccia a segnali di nuova fisica in questi canali, estendendo allo stesso tempo lo studio delle specie nucleari anche alle componenti più rare, fino al ferro, e proseguendo le misure sulle abbondanze isotopiche dei nuclei più

» INTERVISTA

leggeri.

Il prolungamento della vita operativa permetterà infine ad AMS-02 di fornire importanti contributi anche nello studio dell'influenza solare sull'ambiente di radiazione attorno alla Terra lungo un intero ciclo solare, e oltre. La nostra stella, infatti, è caratterizzata da un'emissione energetica variabile caratterizzata da una ciclicità undecennale che deforma le caratteristiche dello spettro dei raggi cosmici alle basse energie: in corrispondenza al massimo (minimo) dell'attività solare è minimo (massimo) il numero dei raggi cosmici che dalla galassia riescono ad arrivare fino a noi. Pur essendoci molti sistemi a terra in grado di dare informazioni sul comportamento complessivo dei raggi cosmici lungo differenti cicli solari, o satelliti in orbita in grado di registrare i flussi di protoni, elettroni e nuclei di bassa energia, AMS-02 può fornire per la prima volta informazioni distinte per le varie componenti della radiazione lungo un intero ciclo solare e a energie mai monitorate con continuità nel tempo. La conoscenza così acquisita non solo sarà fondamentale per ricostruire le caratteristiche dello spettro dei raggi cosmici nella galassia, ma potrà avere ricadute importanti nella comprensione e previsione dei livelli di radiazione a cui gli astronauti potranno essere esposti in diverse fasi del ciclo solare: potrebbe essere il nostro modo per ricambiare Luca Parmitano e i suoi colleghi astronauti per il loro ottimo lavoro! ■