



Kraków – warto wiedzieć

IFJ w Kosmosie

Polskie czujniki w ciele sztucznego kosmonauty i w pasażerskich samolotach

MARIAN NOWY

354 km nad Ziemią, na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS), podróżuje fantom symulujący ciało człowieka – cały naszpikowany detektorami, czujnikami promieniowania kosmicznego. Wyniosła go tam 29 stycznia 2004 r., rakietą Progress wystrzelona z kosmodromu Bajkonur. Fantom został umieszczony na zewnątrz stacji kosmicznej na okres półtora roku. Czujniki, które poleciały w Kosmos, powstały w Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Bowiem jednymi z głównych uczestników tego eksperymentu są polscy naukowcy: dr Paweł Bilski i prof. Paweł Olko z Zakładu Fizyki Radiacyjnej i Dozymetrii IFJ.

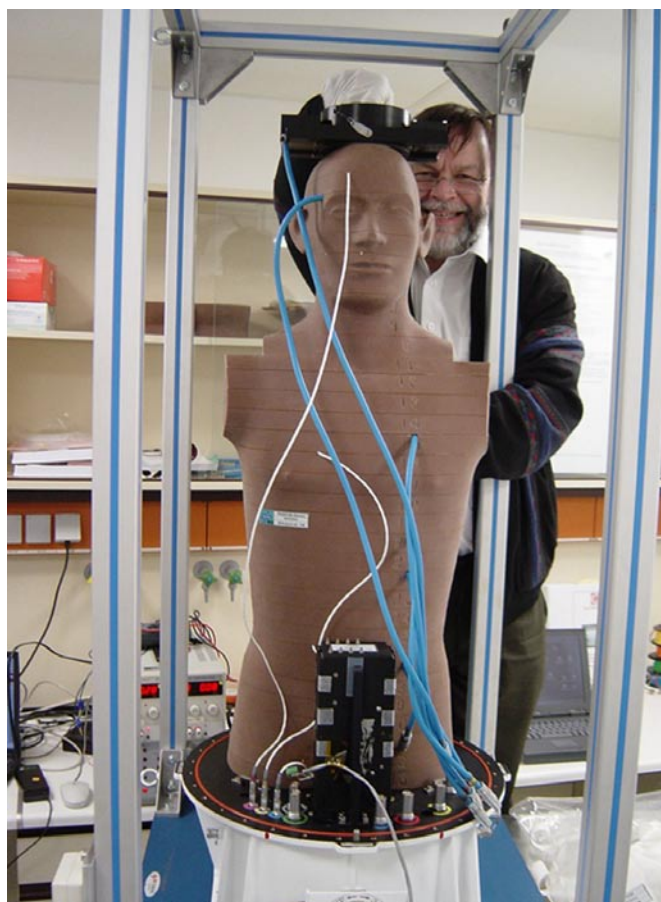
Człowiek coraz częściej bywa w Kosmosie. Coraz częściej i dłużej. Teraz nawet mówi o podróży na Marsa. Ale jak bezpiecznie przebyć tak wielkie odległości, wobec działania promieniowania kosmicznego: słonecznego i galaktycznego? Czy można czuć się bezpiecznie, będąc narażonym na ciągłe bombardowanie wieloma cząsteczkami, z różną energią i z różnych kierunków? Na jak długo, w takiej sytuacji, kosmonauta będzie mógł wyjść na zewnątrz statku, by dokonać koniecznych napraw lub zamontować nowe urządzenie? Te pytania przestają być teoretyczne – do trudnej podróży trzeba się dobrze przygotować. Trzeba zbadać, na jakie promieniowanie narażony jest kosmonauta, jak długo może przebywać poza statkiem.

Zdaniem naukowców jest to największy tego typu eksperyment, jaki kiedykolwiek był przeprowadzany w przestrzeni kosmicznej. Zorganizowała go Europejska Agencja Kosmiczna, a bezpośrednio kieruje nim niemiecki ośrodek badań kosmicznych DLR w Kolonii. Fantom zbudował dr Gunther Reitz z DLR, koordynator całego projektu. Gdy trzeba było znaleźć czujniki promieniowania, dr Reitz zaprosił do eksperymentu polskich naukowców. W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN działa od z górą trzydziestu lat – założona jeszcze przez doc. Tadeusza Niewiadomskiego – grupa naukowców zajmujących się rozwojem i zastosowaniem detektorów termoluminescencyjnych.

Zjawisko termoluminescencji polega na tym, że niektóre materiały, np. zawierające aktywowany chemicznie fluorek litu, po naświetleniu promieniowaniem jonizującym, a następnie podgrzaniu, emitują światło. Ilość energii wyemitowanego światła jest proporcjonalna do energii pochłoniętego przez detektor promieniowa-



Dr Paweł Bilski (z lewej) i prof. Paweł Olko z IFJ PAN w Krakowie



Dr Gunther Reitz dumny ze swego fantomu



Kraków – warto wiedzieć

nia jonizującego. Czujniki, czyli detektory, są to spieki ceramiczne zawierające odpowiednią ilość substancji aktywującej. Mają postać pastylek o różnych, zależnie od przeznaczenia, rozmiarach i kształtach. Uwolnienie zmagazynowanej w detektorze energii zachodzi podczas odczytu detektorów za pomocą specjalistycznych urządzeń, zwanych czytnikami laboratoryjnymi TL. Włożony do czytnika i podgrzany do odpowiednio wysokiej temperatury detektor emituje energię w postaci światła, które pada na fotopowielacz. Wielkość tej energii odczytuje się z dokładnością do kilku procent. Pół miliona detektorów rodem z krakowskiego IFJ stosowane jest w ponad 20 krajach na całym świecie.

W Kosmos poleciały detektory o średnicy 4,5 mm i grubości 0,6 mm. Zostały umieszczone w 2,5-centymetrowych odstępach w całej objętości manekina.

– *Chodziło nam o takie rozmieszczenie czujników, by dowiedzieć się, jak duże dawki promieniowania otrzymają poszczególne narządy człowieka* – mówi dr Paweł Bilski. A prof. Paweł Olko dodaje: – *Potrzeba znajomości rozkładu promieniowania wynika stąd, iż poszczególne*



Tak małe są detektory rodem z IFJ PAN

narządy ciała mają różną promienioczułość i różne jest ryzyko inicjacji choroby nowotworowej dla poszczególnych organów. Obecna znajomość promienioczułości opiera się na badaniach epidemiologicznych populacji, która przeżyła eksplozję bomby atomowej w Hiroszimie.

Fantom został zbudowany z plastiku, którego skład bardzo przypomina tkankę ludzką. Manekin – nazwany przez twórcę Matrioszką – wypełniony jest też oryginalnymi kośćmi. Pochłanianie on promieniowanie niemal tak samo, jak ludzkie ciało – jego skład chemiczny i kształt mają możliwie najdokładniej imitować sytuację ciała ludzkiego w przestrzeni kosmicznej. Co więcej, przed wysłaniem na orbitę okołoziemską zrobiono fantomowi tomografię komputerową i na tej podstawie opracowano jego model numeryczny. Potrzebny był bowiem jego trójwymiarowy obraz, aby mógł udawać człowieka.



Przekrój głowy fantomu z detektorami (w plastikowych rurkach) i prawdziwymi kośćmi

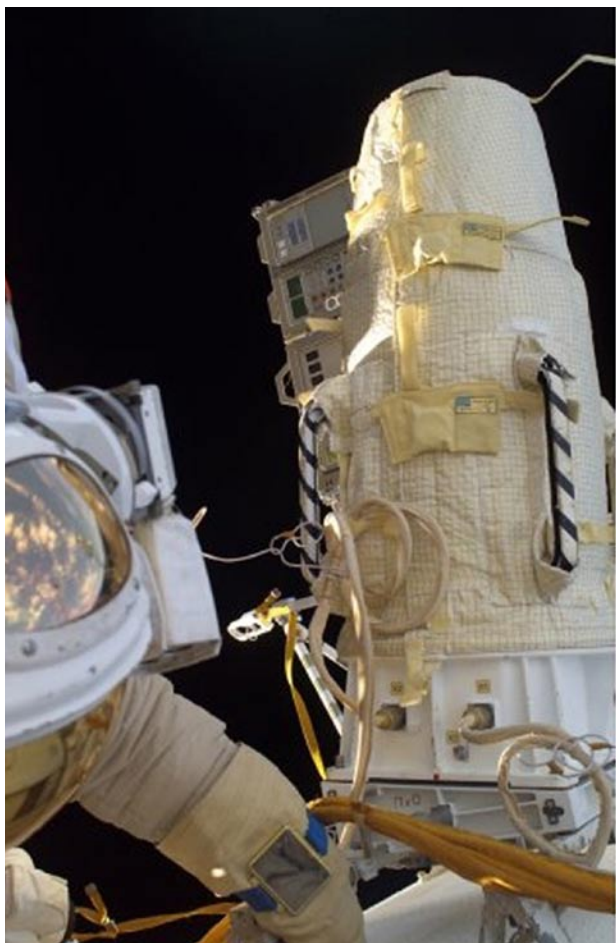
W czasie pierwszej fazy badań fantom umieszczony był na zewnątrz stacji. Po półtora roku detektory wróciły na Ziemię. I ten okres pobytu fantomu w Kosmosie został już oceniony. Okazało się, że największą dawkę promieniowania kosmicznego otrzymała skóra i oczy, organy wewnętrzne – nieco mniejszą. Proporcjonalnie mniejsze było napromieniowanie fantomu wewnątrz stacji. W efekcie udało się określić efektywną dawkę, faktyczne narażenie człowieka na promieniowanie. (Efektywna dawka to suma dawek dla poszczególnych narządów mnożonych przez współczynniki określające wrażliwość tych narządów na promieniowanie).

Określenie dawki efektywnej – co zostało dokonane po raz pierwszy – jest chyba najważniejszym z dotychczasowych wyników eksperymentu. Okazało się bowiem, że wskazania typowych dawkomierzy noszonych przez astronautów zawyżają znacząco dawkę efektywną. W przypadku ekspozycji na zewnątrz pojazdu kosmicznego





Kraków – warto wiedzieć



Ubrany fantom już w Kosmosie

nego jest to ponad dwukrotne zawyżenie, a wewnątrz stacji ok. 30-procentowe.

Jest jeszcze drugi aspekt tych badań. Okazuje się, że sama obecność pojazdu kosmicznego wpływa na stopień napromieniowania kosmonauty znajdującego się na zewnątrz pojazdu. Większość promieniowania, jakie otrzymują kosmonauci, jest to promieniowanie wtórne. Pierwotne cząstki lecące z różnych galaktyk, uderzając w pojazd kosmiczny, produkują kaskady różnych cząstek. (*– To jest jak w CERN-ie, gdzie zderza się strumień cząstek z tarczą, aby zobaczyć, jakie nieznane nam cząstki powstają w efekcie zderzenia. Z tym, że w Kosmosie energia tych cząstek jest większa niż w laboratorium – tłumaczy dr Bilski. – Fizyka promieniowania kosmicznego to fizyka cząstek elementarnych*). W zależności od rodzaju statku kosmicznego, miejsca, w którym się on znajduje, wtórne promieniowanie zmienia się. *– Trudno wraz ze zmianą położenia statku prowadzić nowe badania. Jedynym wyjściem jest zbudowanie modeli matematycznych, żeby móc przewidzieć taką sytuację. Nad takim modelem pracujemy z kolegami z innych państw, realizując projekt badawczy „HAMLET”, finansowany przez Europejski Program Ramowy – mówi dr Bilski. – I to jest najważniejszy cel naszego eksperymentu. Dzięki danym, jakie dostarcza nam fantom, będziemy mogli zweryfikować nasze teoretyczne obliczenia.*

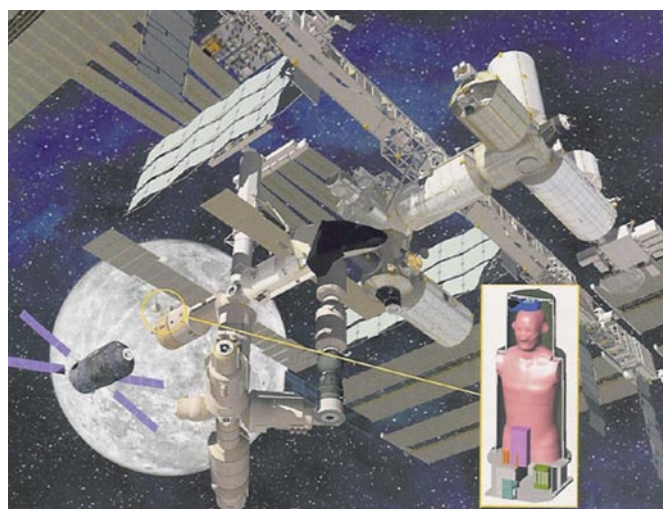
Badania trwają. Fantom jest też nadal na stacji kosmicznej. Tym razem wewnątrz, w japońskim module eksperymentalnym Kibo. Rejestruje promieniowanie, jakie otrzymują astronauci. Jest to już czwarta seria pomiarów na orbicie Ziemi.

– Nas, fizyków, interesuje, jakie jest to promieniowanie, jak przechodzi przez ciało, jaką jonizację tworzy. A jak to wpływa na organizm ludzki, to już jest sprawa biologii i medycyny – mówi dr Bilski.

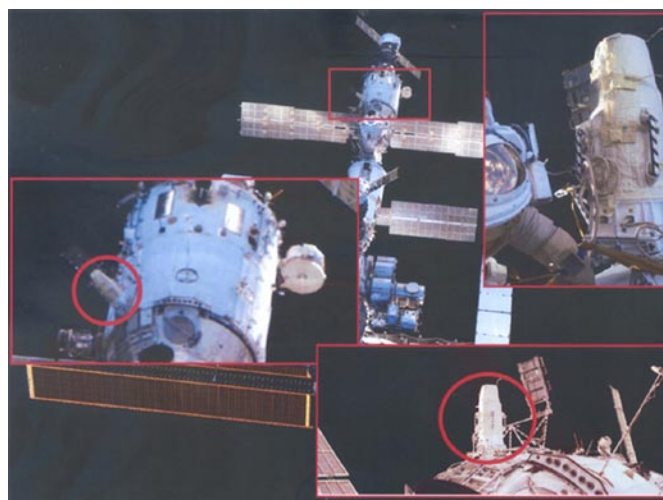
★

Ale to nie wszystko... Przecież w Kosmos latają – przynajmniej na razie – nieliczni. Samolotami zaś wiele osób.

Na powierzchni Ziemi poziom promieniowania kosmicznego jest niewielki. Moc dawki promieniowania na pokładzie samolotu pasażerskiego może dziesiątki i setki razy przekraczać poziomy typowe dla powierzchni Ziemi, ze względu na zmniejszenie się grubości warstwy atmosfery osłabiającej promieniowanie kosmiczne. Na typowych wysokościach przelotowych – 10–13 km – szczególnie na trasach biegnących w pobliżu bieguna, można



W tym miejscu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej został zamontowany fantom





Kraków – warto wiedzieć



Fantom wewnątrz stacji ISS wraz z kosmonautami

spodziewać się mocy dawki kilkadziesiąt razy większej niż na Ziemi. Dlatego narażenie personelu latającego na promieniowanie kosmiczne objęte zostało regulacjami prawnymi, zarówno w europejskim, jak i w polskim ustawodawstwie.

W ramach projektu badawczego, prowadzonego w latach 2000–2002 przez zespół z Instytutu Fizyki Jądrowej i finansowanego przez Komitet Badań Naukowych, przeprowadzono analizę narażenia załóg samolotów pasażerskich w Polsce na promieniowanie kosmiczne. Wyniki wskazują, że załogi niemal wszystkich samolotów, z wyjątkiem latających jedynie na samolotach ATR, przekraczają regularnie lub mogą przekroczyć w pew-

nych warunkach poziom dawki uznany za graniczny dla tzw. ogółu ludności, czyli osób niepracujących zawodowo z promieniowaniem. W przypadku załóg latających na samolotach B-767 przekroczenie takie występuje zawsze, niezależnie od poziomu aktywności słonecznej. Wyniki te oznaczają, że zgodnie z Art. 23 Prawa Atomowego oraz Art. 42 Dyrektywy 23/96 Komisji Unii Europejskiej konieczne jest prowadzenie regularnej oceny narażenia personelu latającego. Krakowscy fizycy zaproponowali LOT-owi prowadzenie regularnych badań. Sami pasażerowie nie mają się czego obawiać – zbyt krótko przebywają w przestrzeni, aby móc otrzymać niebezpieczną dawkę promieniowania.

★

A co się stanie z opisywanym wcześniej fantomem? Prawdopodobnie zostanie na stacji kosmicznej, bo jest ciężki i jego transport sprawiałby kłopot. Wszystko wskazuje na to, że został już – w przeciwieństwie do innych członków załogi – stałym mieszkańcem Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Wracając zaś na Ziemię, odnotujmy, iż 5 kwietnia 2011 r. w Krakowie, w Polskiej Akademii Umiejętności, odbędzie się prezentacja przebiegu i wyników projektu „HAMLET”.

MARIAN NOWY

Zdjęcia: IFJ, DLR Kolonia, NASA, „Dziennik Polski”



S114E7200

ISS w pełnej krasie