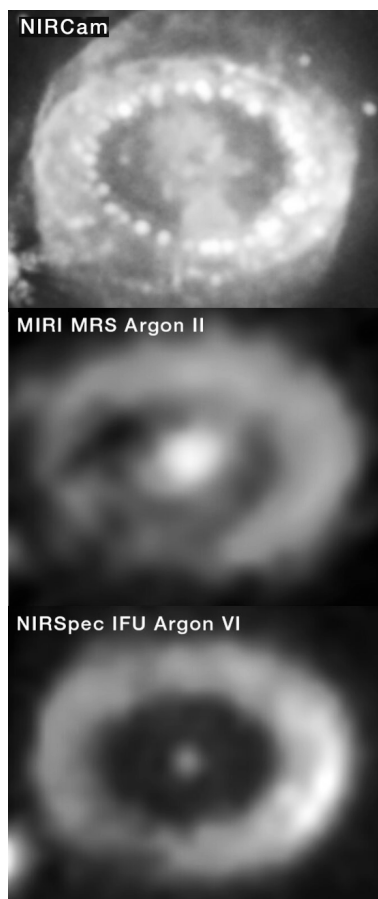
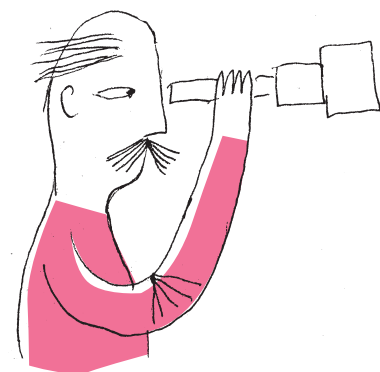


## Prosto z nieba: Supernowa 1987A



Rozszerzająca się pozostałość po wybuchu SN 1987A obserwowana przez JWST w bliskiej i średniej podczerwieni instrumentami NIRCam oraz MIRI. Centralne pojaśnienie jest dowodem na obecność obiektu – sądząc z jasności, najprawdopodobniej gwiazdy neutronowej (szczegóły w tekście)



Wybuch supernowej SN 1987A został zauważony na Ziemi w lutym 1987 roku, jej jasność osiągnęła szczyt w maju tego samego roku. Samo zdarzenie zaszło oczywiście dużo wcześniej – 160 tys. lat temu – w Wielkim Obłoku Magellana, galaktyce karłowatej, która jest satelitą Drogi Mlecznej. SN 1987A to pierwsza supernowa, którą można było zobaczyć gołym okiem od czasu supernowej z 1604 roku, obserwowanej przez Johanna Keplera; maksymalna jasność SN 1987A wynosiła około  $3^m$ , czyli była mniej więcej tak jasna, jak najśłabsze obiekty, które można dostrzec gołym okiem, obserwując z dużego miasta (limit wydolności ludzkiego oka to około  $6^m$ , czyli jasność około 16 razy mniejsza). Mieliśmy duże szczęście, ponieważ średnia częstość wybuchów supernowych w Drodze Mlecznej i jej otoczeniu wynosi około raz na kilkadziesiąt lat.

Wydarzenie było astronomicznym hitem końca XX wieku, stworzyło rzadką okazję do zbadania wczesnych etapów ewolucji supernowej i tego, co po niej zostaje. SN 1987A była supernową typu II, czyli wynikiem implozji, a następnie eksplozji masywnej gwiazdy, której jądro zapada się pod własnym ciężarem. Oznacza to, że ściśnięte w ogromnych temperaturach i gęstościach jądro może na koniec stać się gwiazdą neutronową lub czarną dziurą. Podczas zgniatania materii następuje przemiana „symetrycznej” materii – jąder atomowych zawierających podobną liczbę protonów i neutronów – w mieszaninę dużo gęstszą, ale bogatą w neutrony, dzięki procesom słabym typu  $p + e \rightarrow n + \nu$ , gdzie  $\nu$  oznacza neutrino. Podczas kolapsu emitowanych jest  $10^{58}$  neutronów, które unoszą około 99% energii grawitacyjnej umierającej gwiazdy. Typowa energia neutrino z supernowej wynosi kilkanaście MeV. Około dwóch godzin przed detekcją SN 1987A w świetle widzialnym strumień neutronów trwający 13 sekund (w sumie 25 sztuk) wykryły trzy detektory: Kamiokande II (Kamioka, Japonia – 12 neutronów), IMB (Fairport, USA – 8) i Baksan (Rosja – 5).

Supernowe typu II są związane z tworzeniem gwiazd neutronowych i czarnych dziur. Przedstawione na zdjęciach obok obserwacje Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba (JWST), wykonane w 2022 roku, zawierają dowody na efekt wysokoenergetycznej emisji z samego centrum wybuchu i obecność znajdującego się w centrum obiektu: gwiazdy neutronowej.

Zdjęcie SN 1987A wykonane kamerą bliskiej podczerwieni NIRCam (Near-Infrared Camera) przedstawia strukturę rozszerzającą się z prędkością kilku tysięcy km/s. Centralny obszar jest jednocześnie najgęstszy: zawiera pył gwiazdowy i ciężkie pierwiastki, takie jak węgiel, tlen, magnez i żelazo. Zewnętrzna otoczka jest wynikiem zderzenia materii z pierścieniem gazu wyrzuconego przez gwiazdę wcześniej, około 20 tys. lat przed ostateczną eksplozją. Świejące punkty są miejscami uderzenia materii z wnętrza supernowej w zewnętrzną materię gwiazdy. Zewnętrzna część uciekającej materii jest też oświetlana przez promieniowanie rentgenowskie z kolizji, podczas gdy wewnętrzna część jest zasilana głównie przez radioaktywność i emisję ze zwartego obiektu w samym centrum.

Dwa kolejne zdjęcia to obrazy wykonane przez spektrograf średniej rozdzielczości (Medium Resolution Spectrograph), instrument do obserwacji średniej podczerwieni MIRI (Mid-InfraRed Instrument) oraz spektrograf bliskiej podczerwieni NIRSpec (Near-InfraRed Spectrograph). Analiza spektralna wyników MIRI uwidacznia silny sygnał emisji zjonizowanego argonu, widoczny w centrum pozostałości. Dane NIRSpec wykryły jeszcze silniej zjonizowane pierwiastki, w tym pięciokrotnie zjonizowany argon oraz linie zjonizowanej siarki. Wszystkie te dane świadczą o tym, że w centrum znajduje się niemal punktowych rozmiarów źródło wysokoenergetycznego promieniowania. Najbardziej prawdopodobnym źródłem jest nowo narodzona, gorąca gwiazda neutronowa, emitująca promieniowanie rentgenowskie z powierzchni. Kolejnym „kamieniem milowym” będzie obserwacja periodyczności emitowanego światła, czyli ostateczny dowód na to, że obiekt jest rotującą gwiazdą neutronową: pulsarem.

*Michał BEJGER*

Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN,  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Ferrara, Włochy