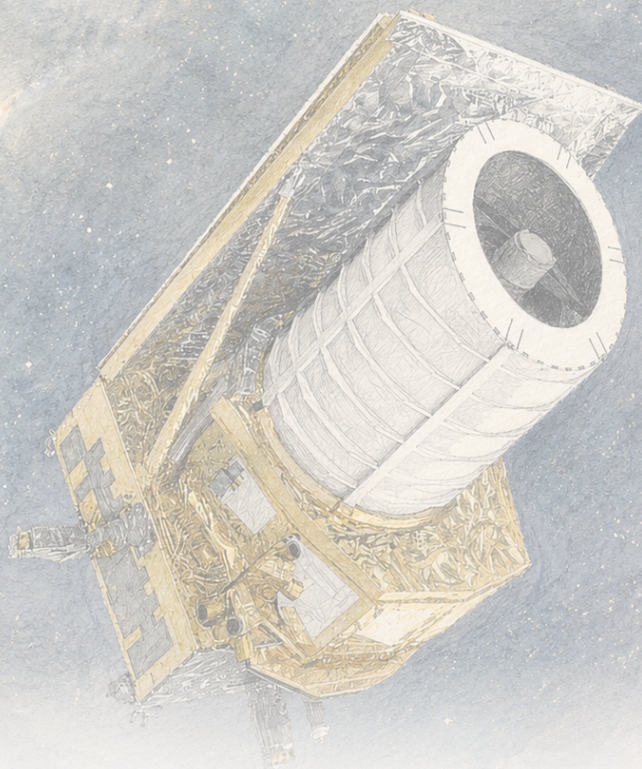




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Euclid viac než zdvojnásobil malú vzorku kvazarov s červeným posunom vyšším než 7

Počas prvého roka a pol širokého prieskumu Euclid prinieslo hľadanie na približne 3000 štvorcových stupňoch 31 nových kvazarov s červeným posunom od 6,6 do 7,8. Dvanásť z nich leží na hodnote 7 alebo vyššie, čím viac než zdvojnásobili hrstku známu pred Euclidom, a objekt na červenom posune 7,77 je teraz najvzdialenejším známym kvazarom. Skutočným pokrokom nie je tento jediný rekord, ktorý len mierne posúva hranicu dlho ležiacu blízko 7,5, ale schopnosť prieskumu nachádzať tieto vzácne, väčšinou slabé objekty vo veľkom — vďaka tomu môžu slúžiť ako sondy mladého vesmíru. Ide o úvodný výsledok; úplná štatistická analýza a veľká časť spektroskopických potvrdení ešte len prídu.

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

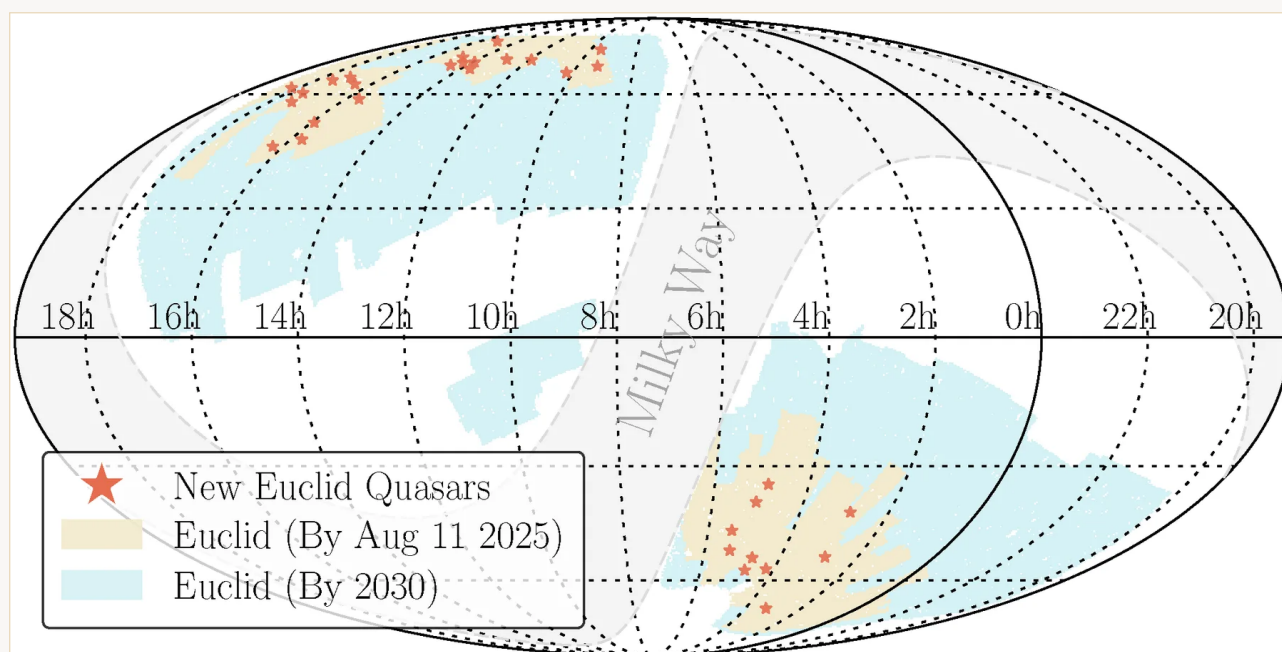
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Prehliadka navrhnutá na vzácne objekty práve našla celú ich skupinu

Kvazar je supermasívna čierna diera zachytená pri pohlcovaní hmoty. Plyn, ktorý do nej padá, žiari tak jasne, že môže prežiariť celú hostiteľskú galaxiu. Kvazary patria k najžiarivejším stálym zdrojom vo vesmíre, a preto slúžia ako majáky: svetlo dostatočne vzdialeného kvazaru je ako lampa svietiaci spoza miliárd svetelných rokov priestoru medzi ním a nami.

Najvzdialenejšie kvazary, ktorých svetlo vyrazilo na cestu v čase, keď mal vesmír menej než miliardu rokov, sú zároveň najvzácnejšie. Kým vesmírny ďalekohľad Euclid začal svoj hlavný prieskum, bolo potvrdených len približne deväť takýchto objektov s červeným posunom vyšším než 7. Tento počet rástol pomaly od prvého podobného objavu v roku 2011.

V novej práci v časopise *Astronomy & Astrophysics* oznamuje spolupráca Euclid objav 31 nových kvazarov s červeným posunom od 6,6 do 7,8, nájdených počas iba prvého roka a pol prieskumu. Dvanásť z nich má červený posun 7 alebo vyšší. Jediná táto etapa viac než zdvojnásobila počet známych objektov v tejto oblasti. Je to príbeh o sile rozsiahleho prieskumu a stojí za to presne povedať, čo výsledok znamená — a čo nie.



Doteraz pokrytá plocha širokého prieskumu Euclid (béžová) na pozadí celého záberu plánovaného do roku 2030 (tyrkysová), s 31 novoobjavenými kvazarmi s vysokým červeným posunom vyznačenými červenou. Pochádzajú len z prvého výseku prieskumu, ktorý má napokon zmapovať približne 14 000 štvorcových stupňov — sila prieskumu v jednom obrázku.

Euclid made the small $z \geq 7$ sample visibly larger

The point is not 'the first quasars'; it is a sparse high-redshift census getting less sparse.



Boundary: a bigger census of rare high-redshift quasars, not a claim about the first objects in the Universe.

Pred Euclidom bolo známych približne deväť kvazarov s červeným posunom vyšším než 7 (2011–2024). Táto jediná skorá etapa pridala ďalších dvanásť — konkrétna podoba „zdvojnásobenia“, stále však na malej vzorke.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Prečo sa oplatí hľadať také vzdialené kvazary

Červený posun meria, nakoľko rozpínanie vesmíru počas cesty k nám natiahlo svetlo zdroja; vyšší červený posun znamená staršie svetlo a pohľad do skoršieho vesmíru. Pri červenom posune 7 sa pozeráme do obdobia menej než miliardu rokov po veľkom tresku, na koniec epochy reionizácie, keď prvé žiarivé objekty rozptyľovali hmlu neutrálneho vodíka, ktorá vyplňala mladý vesmír.

Čo je červený posun a prečo zároveň funguje ako mierka vzdialenosti aj ako hodiny

Ak je pre vás tento pojem nový: *červený posun* vyjadruje, nakoľko sa svetlo zdroja počas cesty k nám natiahlo k dlhším, červenším vlnovým dĺžkam. Jediné číslo je také užitočné z dvoch dôvodov. Po prvé, svetlo sa šíri konečnou rýchlosťou, takže všetko vzdialené zároveň vidíme v dávnej minulosti — pozeráť sa hlboko do priestoru znamená pozeráť sa späť v čase. Po druhé, vesmír sa počas celej cesty svetla rozpínal, a čím dlhšia bola cesta, tým viac sa svetlo natiahlo. Vyšší červený posun teda znamená svetlo, ktoré vyrazilo skôr a z väčšej diaľky, keď bol vesmír mladší. Červený posun 7 tu zodpovedá svetlu z obdobia menej než miliardu rokov po veľkom tresku — výrazne menej než desatiny dnešného veku vesmíru.

Kvazary z tejto éry sú užitočné z dvoch odlišných dôvodov. Po prvé, každý z nich už hostí čiernu dieru s hmotnosťou stoviek miliónov až miliárd Slnk. Vytvoriť taký ťažký objekt tak skoro nie je jednoduché: pri bežných obmedzeniach rýchlosti, akou môže čierna diera pohlcovať hmotu, stihnú takúto hmotnosť počas niekoľkých dostupných stoviek miliónov rokov dosiahnuť len pomerne masívne „zárodky“. Samotná existencia a počet týchto objektov preto obmedzujú možné scenáre vzniku a rastu prvých supermasívnych čiernych dier. Po druhé, svetlo kvazaru prechádzajúce okolitým medzigalaktickým prostredím nesie odtlačok toho, do akej miery bol plyn neutrálny, takže každý kvazar funguje ako sonda samotnej reionizácie.

Problém je v tom, že sú mimoriadne vzácne a ťažko sa hľadajú. Pri takýchto červených posunoch sa ich najvýraznejší znak, Lymanov zlom alfa, posunie z viditeľnej oblasti do blízkeho infračerveného žiarenia. Na ich nájdenie je preto potrebné hlboké snímkovanie veľkej plochy v blízkej infračervenej oblasti — do potrebnej jasnosti pripadá približne jeden kvazar na sto štvorcových stupňov. Dosiahnuť zo Zeme zároveň veľkú hĺbku aj veľký záber v blízkej infračervenej oblasti bolo doteraz krajne náročné. Práve túto medzeru má Euclid zaplniť.

Čo Euclid skutočne urobil

Euclid je vesmírny ďalekohľad s priemerom 1,2 metra, ktorý vykonáva šesťročný prieskum s cieľom zmapovať približne 14 000 štvorcových stupňov oblohy vo viditeľnom aj blízkom infračervenom svetle. Vďaka polohe nad atmosférou dosahuje na širokom poli hĺbku, ktorej pozemské prehliadky v blízkej infračervenej oblasti nemôžu konkurovať. Práca využíva údaje získané počas prvého približne roka a pol prieskumu — asi 3000 štvorcových stupňov pozorovaných od februára 2024 do augusta 2025.



Vesmírna sonda Euclid v čistej miestnosti pred štartom. Ďalekohľad s priemerom 1,2 metra pozoruje oblohu hornou časťou bieleho valca; jeho širokouhlá kamera pre blízke infračervené žiarenie dosahuje nad atmosférou na veľkej ploche hĺbku, ktorej pozemské prieskumy nemôžu konkurovať.

ESA / NASA Science fair-use

Nájsť v tejto kope sena 31 ihiel neznamenaloby jednoducho sa pozerieť. Tím vytvoril vlastnú fotometriu a potom na ňu nasadil niekoľko klasifikátorov založených na strojovom učení a pravdepodobnostných metódach — model hustoty s extrémnou dekonvolúciou, klasifikátor s gradientným boostingom a prispôbovanie šablón. Pri každom slabom bodovom zdroji tak odhadol pravdepodobnosť, že ide o kvazar s vysokým červeným posunom, a nie o jeden z omnoho početnejších rušivých objektov, najmä chladných hnedých trpaslíkov, ktorých farby napodobňujú vzdialený kvazar. Kandidáti sa porovnávali medzi metódami, kontrolovali očami a zoradzovali podľa priority pre následné pozorovania. Kandidátov vyberali snímky Euclidu; potvrdenie priniesli spektrá z veľkých pozemských ďalekohľadov — okrem iných Magellanových ďalekohľadov a Large Binocular Telescope — ktoré rozložia svetlo dostatočne jemne, aby odhalili charakteristický zlom a emisné čiary.

Táto potvrdzovacia fáza sa poctivo označuje za nedokončenú prácu. Spektroskopické následné pozorovania pokračujú a podľa samotnej práce zatiaľ nie sú úplné, najmä na južnej oblohe. Autori otvorene uvádzajú aj osud sledovaných kandidátov, ktorí sa medzi 31 potvrdených kvazarov nedostali: mnohí boli rušivými objektmi (veľká časť zrejme hnedými trpaslíkmi), niektoré výsledky zostali nepresvedčivé a pri niektorých sa nezachytil nijaký signál. Titulok patrí súboru potvrdených kvazarov; úplný účet toho, čo výberová metóda zachytí a čo minie, má prísť v ďalších prácach.

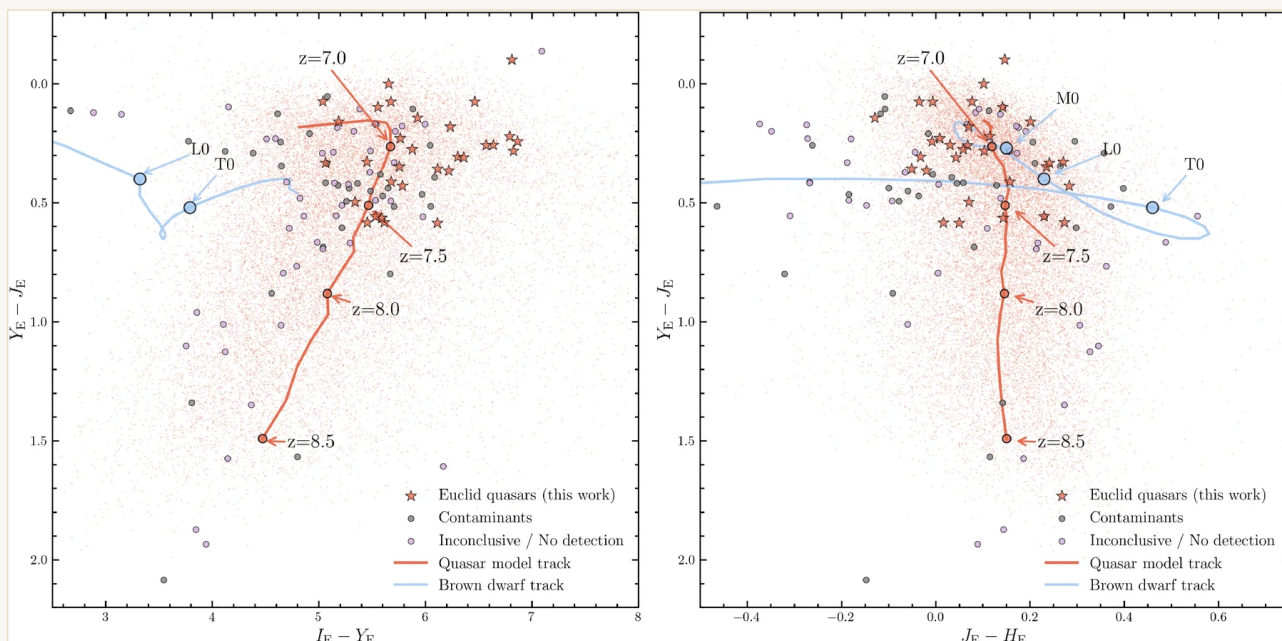


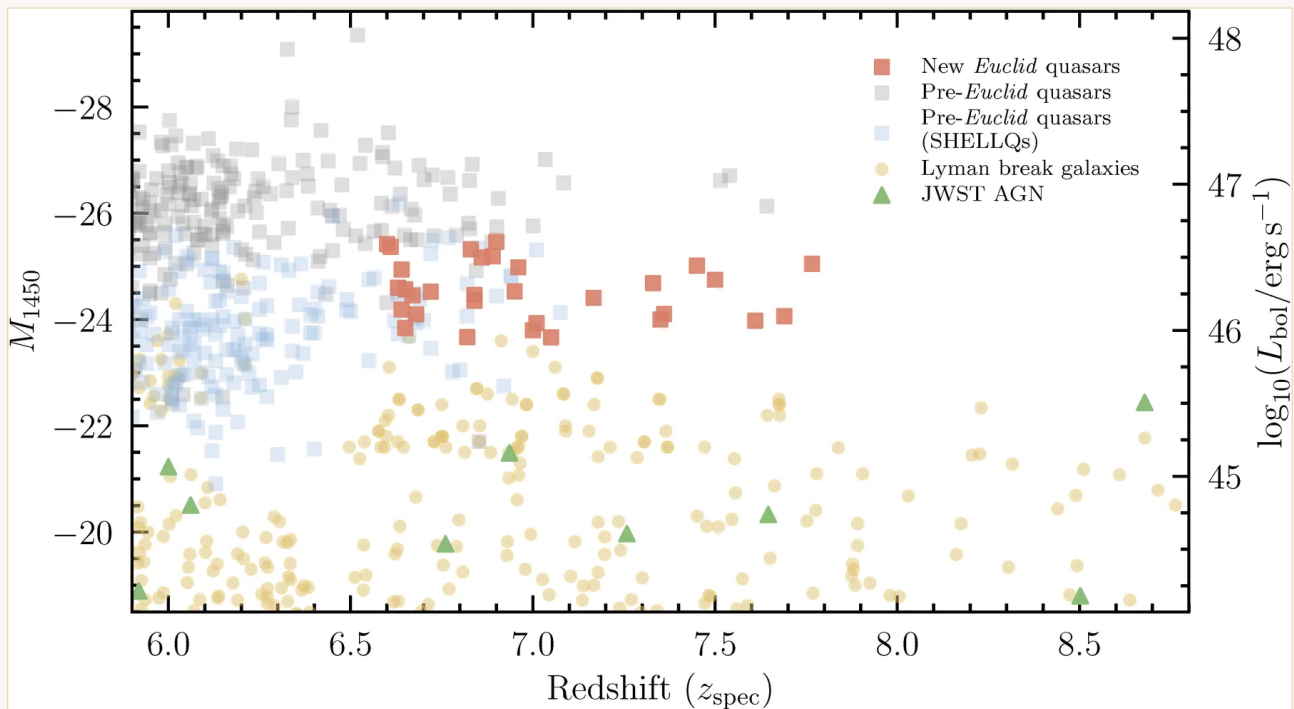
Diagram farba-farba ukazuje, ako Euclid odlišuje vzdialený kvazar od blízkeho hnedého trpaslíka. Každá os zachytáva rozdiel jasnosti objektu v dvoch filtroch Euclidu, teda farbu jeho svetla, nie celkovú jasnosť. Červená krivka vyznačuje predpokladanú polohu kvazarov s vysokým červeným posunom (popisky označujú červený posun 7,0 až 8,5); svetlomodrá krivka sleduje chladné hnedé trpaslíky — hlavných napodobiteľov — označené typmi M0 až T0. Všetkých 31 nových kvazarov (červené hviezdy) leží pozdĺž dráhy kvazarov; potvrdené rušivé objekty (sivé) a nepresvedčiví či nezachytení kandidáti (fialoví) sa od nej odchyľujú. Tam, kde sa obe dráhy približujú, samotná farba nerozhodne — každý kvazar preto stále vyžaduje spektroskopické potvrdenie.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Rekord v správnom pomere

Jeden z 31 objektov, katalogizovaný ako EUCL J1729+6410, leží na červenom posune približne 7,77 a je teraz najvzdialenejším známym kvazarom. Je to skutočný rekord, no treba jasne povedať, aký veľký krok predstavuje. Dve desaťročia cieleného hľadania posunuli hranicu približne k červenému posunu 7,5 a bezprostredný predchádzajúci rekordér ležal asi na 7,64. Posun na 7,77 je ozajstný, ale postupný pokrok — rozdiel podľa práce predstavuje asi 0,13 v červenom posune, čo zodpovedá približne pätnástim miliónom rokov kozmického času. Posunutie, nie skok.

Dôležitejšie je druhé číslo: zdvojnásobenie vzorky nad červeným posunom 7 počas jedinej skorej etapy. Rekordér je jeden objekt a jeden objekt je jediný dátový bod. Až zdvojnásobená a rastúca populácia umožňuje štatistiku — merať, aké časté, jasné a navzájom zoskupené tieto čierne diery boli — a práve na štatistike stojí veda o ranom vesmíre. Väčšina nových kvazarov je navyše pomerne slabá, o jednu až dve magnitúdy slabšia než žiarivé kvazary nájdené pred Euclidom. K tomuto slabému koncu sa preniká ťažšie, no pre výskum reionizácie je cennejší: slabšie kvazary okolo seba vytvárajú menšie ionizované bubliny, a ich svetlo tak prechádza väčším množstvom stále neutrálneho plynu.



Poloha nových kvazarov: jasnosť v závislosti od kozmickej vzdialenosti. Vodorovná os predstavuje červený posun — čím ďalej doprava, tým skoršie obdobie kozmickej histórie vidíme. Zvislá os ukazuje vlastnú ultrafialovú jasnosť každého kvazaru, na grafe označenú M_{1450} ; podľa starej astronomickej konvencie magnitúd beží stupnica opačne, takže vyššie znamená jasnejšie (pravá stupnica to isté vyjadruje ako celkovú, teda *bolometrickú*, svietivosť). Takto čítaný graf je súpisom. Jasné, predtým známe kvazary (sivé) sa hromadia pri nižších červených posunoch; hlbšia prehliadka SHELLQs (svetlomodrá) dosiahla k slabším objektom, ale nie oveľa ďalej do minulosti. 31 nových kvazarov Euclidu (červené) predlžuje túto žiarivú populáciu k najvyšším červeným posunom — bod najviac vpravo je rekordér na 7,77 — a zároveň leží asi o jednu až dve magnitúdy nižšie než klasické jasné kvazary. Pod nimi sa rozkladá oblasť dostupná len hlbokým, úzko zameraným prieskumom: more galaxií s Lymanovým zlomom (žlté) a hŕstka veľmi slabých akreujúcich čiernych dier zachytených JWST (zelené trojuholníky). Prínos Euclidu sa ukazuje ako samostatná skupina — pomerne jasné, veľmi rané kvazary na veľkej ploche — ktorá prepája starú jasnú vzorku so slabou populáciou, ku ktorej zatiaľ dosiahnu len cielene zamerané prístroje.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Čo zostáva neisté

Výsledok sprevádzajú tri výhrady a samotná práca každú z nich uvádza.

Po prvé, ide o úvodný výsledok, nie konečné meranie. Autori výslovne odkladajú úplnú štatistickú analýzu výberovej funkcie a populácie kvazarov na budúce publikácie. Tunajšie obmedzenia funkcie svietivosti sú prvým pohľadom, nie posledným slovom.

Po druhé, nie každý slabý „kvazar“ musí byť skutočne kvazarom. Na slabom konci môžu byť niektoré takto označené objekty v skutočnosti kompaktné rané galaxie, najmä ak im chýba výrazne rozšírená čiara Lyman-alfa. Tím vykonal predbežnú kontrolu, podľa ktorej objekty zodpovedajú skôr bodovým zdrojom než rozľahlým galaxiám, no sám ju označuje za predbežnú. Skutočnú povahu najslabších

objektov určí až hlboká spektroskopia v blízkej infračervenej oblasti pomocou JWST a podobných zariadení.

Po tretie, samotné objekty sú slabé a ležia blízko hranice toho, čo dokáže charakterizovať pozemská spektroskopia. Určiť hmotnosti ich čiernych dier, ich okolie a miesto v príbehu reionizácie si vyžiada JWST, ALMA a NOEMA. Euclid ich veľmi dobre nachádza; ich skúmanie však do veľkej miery odovzdáva iným prístrojom.

Prečo na tom záleží

Hodnota tejto práce je demografická. Celé desaťročie mali astronómovia na úvahy o prvej miliarde rokov vesmíru len hrstku kvazarov. Euclid v jedinom ranom výseku svojho prieskumu pridal toľko objektov, že sa zo zoznamu stala vzorka — a podľa predštartových odhadov má dobre našliapnuté k ďalším objavom.

Je to dôležité, pretože otvorené otázky sa týkajú celých populácií. Ako čierne diery tak rýchlo vyrástli? Nakoľko bol medzigalaktický plyn v rôznych obdobiach nerovnomerný a neutrálny? Na to neodpovie jediný veľkolepý objekt; odpoveď prináša počítanie, porovnávanie a mapovanie mnohých z nich. Euclid preukázal schopnosť takýto súpis vytvoriť — vrátane slabého konca, ktorý súvisí so záhadnou populáciou akreujúcich čiernych dier, ktorú JWST nachádza v rovnakej ére. Táto práca nerieši vznik prvých čiernych dier a sama nemeria reionizáciu. Vo veľkom dodáva surovinu, ktorú tieto merania potrebujú, a vytýčila jasnú hranicu pre už prebiehajúce následné kampane.

Stručné zhrnutie

Spolupráca Euclid využila prvých približne 3000 štvorcových stupňov širokého prieskumu Euclid a objavila 31 nových kvazarov s červeným posunom od 6,6 do 7,8. Dvanásť z nich leží na hodnote 7 alebo vyššie — známa populácia v tejto oblasti sa tak viac než zdvojnásobila — a objekt na červenom posune 7,77 je teraz najvzdialenejším známym kvazarom. Význam výsledku spočíva v preukázanej schopnosti prieskumu nachádzať tieto vzácne, väčšinou slabé objekty vo veľkom, nie v malom posune rekordu. Ide o úvodné zverejnenie výsledkov: úplná štatistická analýza, veľká časť spektroskopických potvrdení a podrobná charakteristika jednotlivých objektov ešte len prídu.

Kontrola bez príkras

Čo práca ukazuje: Široký prieskum Euclid dokáže počas prvého približne 1,5 roka na asi 3000 štvorcových stupňoch nájsť toľko kvazarov s vysokým červeným posunom ako nijaká predchádzajúca prehliadka — 31 potvrdených objektov medzi červeným posunom 6,6 a 7,8, dvanásť na hodnote 7 alebo vyššie, čo približne zdvojnásobuje doterajší počet, a najvzdialenejší z nich na červenom posune

asi 7,77.

Čo je vierohodné, ale nie je podstatou výsledku: Samotný rekord červeného posunu. Je skutočný, no hranicu posúva len približne o 0,13 — z predchádzajúceho rekordu okolo 7,64 na 7,77, teda asi o pätnásť miliónov rokov kozmického času. Titulkom, ktorý obстоjí aj časom, je zdvojnásobená, rastúca a nezvyčajne slabá vzorka, nie jediný rekordér.

Čo práca neukazuje: Ako vznikli prvé supermasívne čierne diery ani ako prebiehala reionizácia. Tieto kvazary sú nástrojmi na skúmanie týchto otázok, nie odpoveďami. Nejde ani o konečný súpis populácie — úplnú štatistickú analýzu autori výslovne ponechávajú budúcim prácam.

Hlavné obmedzenia pre bežného čitateľa: Spektroskopické následné pozorovania nie sú úplné, najmä na juhu; výsledky funkcie svietivosti sú predbežné; a niektoré z najslabších objektov označených za kvazary sa môžu ukázať ako rané galaxie, kým ich nepotvrdí spektroskopia na úrovni JWST.

Akú veľkú dôveru by mal mať bežný čitateľ? Vysokú v to, že Euclid zmenil možnosti hľadania objektov pri týchto červených posunoch, a vysokú v recenzované potvrdenia jasnejších objektov. Podľa vlastného rámca autorov je namieste nižšia dôvera v presné čísla pre slabý koniec populácie a v povahu najslabších kandidátov — ide o prvé výsledky, nie o uzavretú otázku.

Zdroje

D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* 711, A104 (2026), DOI 10.1051/0004-6361/202658883
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202658883>