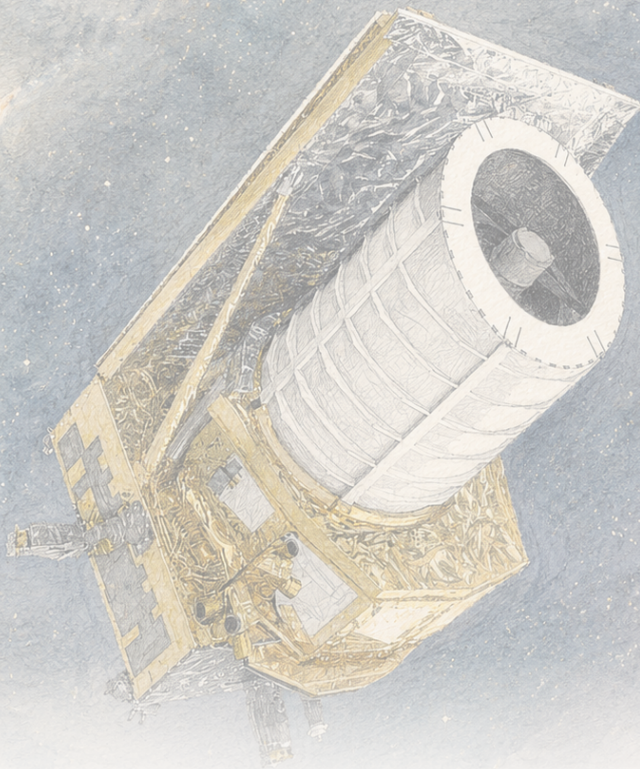




The CLEAN PAPER

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

Euclid více než zdvojnásobil malý vzorek kvasarů s rudým posuvem vyšším než 7

Během prvního roku a půl širokého průzkumu Euclid přineslo hledání na přibližně 3000 čtverečních stupních 31 nových kvasarů s rudým posuvem od 6,6 do 7,8. Dvanáct z nich leží na hodnotě 7 nebo výše, čímž více než zdvojnásobily hrstku známou před Euclidem, a objekt na rudém posuvu 7,77 je nyní nejvzdálenějším známým kvasarem. Skutečným pokrokem není tento jediný rekord, který jen mírně posouvá hranici dlouho ležící poblíž 7,5, ale schopnost průzkumu nacházet tyto vzácné, většinou slabé objekty ve velkém — díky tomu mohou sloužit jako sondy mladého vesmíru. Jde o úvodní výsledek; úplná statistická analýza a velká část spektroskopických potvrzení teprve přijdou.

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

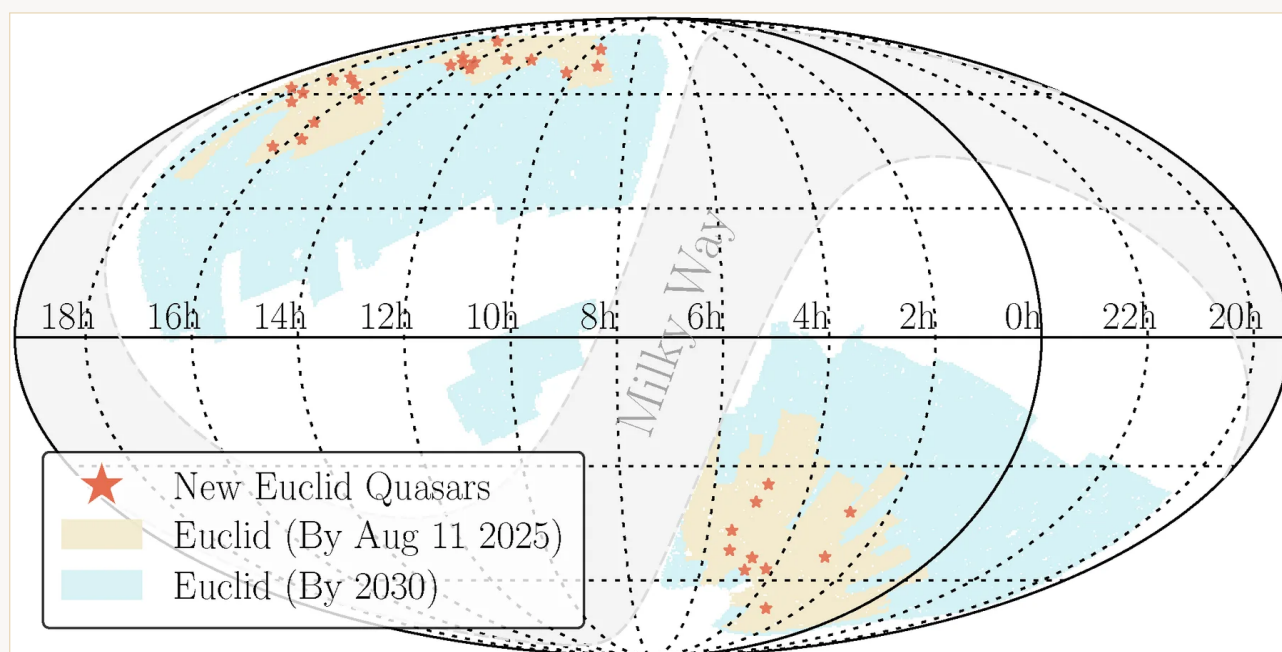
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Přehlídka navržená pro vzácné objekty právě našla celou jejich skupinu

Kvasar je supermasivní černá díra zachycená při pohlcování hmoty. Plyn, který do ní padá, září tak jasně, že může přezářit celou hostitelskou galaxii. Kvasary patří k nejzářivějším stálým zdrojům ve vesmíru, a proto slouží jako majáky: světlo dostatečně vzdáleného kvasaru je jako lampa svítící zpoza miliard světelných let prostoru mezi ním a námi.

Nejvzdálenější kvasary, jejichž světlo vyrazilo na cestu v době, kdy byl vesmír mladší než miliarda let, jsou zároveň nejvzácnější. Než kosmický dalekohled Euclid zahájil svůj hlavní průzkum, bylo potvrzeno jen asi devět takových objektů s rudým posuvem vyšším než 7. Tento počet narůstal pomalu od prvního podobného objevu v roce 2011.

V nové práci v časopise *Astronomy & Astrophysics* oznamuje spolupráce Euclid objev 31 nových kvasarů s rudým posuvem od 6,6 do 7,8, nalezených během pouhého prvního roku a půl průzkumu. Dvanáct z nich má rudý posuv 7 nebo vyšší. Jediná tato etapa více než zdvojnásobila počet známých objektů v dané oblasti. Je to příběh o síle velkého průzkumu a stojí za to přesně říct, co výsledek znamená — a co ne.



Dosud pokrytá plocha širokého průzkumu Euclid (béžová) na pozadí celého záběru plánovaného do roku 2030 (tyrkysová), s 31 nově objevenými kvasary s vysokým rudým posuvem vyznačenými červeně. Pocházejí jen z prvního výseku průzkumu, který má nakonec zmapovat přibližně 14 000 čtverečních stupňů — síla průzkumu v jediném 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.

Před Euclidem bylo známo asi devět kvasarů s rudým posuvem vyšším než 7 (2011–2024). Tato jediná raná etapa přidala dalších dvanáct — konkrétní podoba onoho „zdvojnásobení“, stále však na malém vzorku.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Proč stojí za námahu hledat tak vzdálené kvasary

Rudý posuv měří, nakolik rozpínání vesmíru během cesty k nám natáhlo světlo zdroje; vyšší rudý posuv znamená starší světlo a pohled do ranějšího vesmíru. Při rudém posuvu 7 se díváme do doby necelou miliardu let po velkém třesku, na sklonku epochy reionizace, kdy první zářivé objekty rozptylovaly mlhu neutrálního vodíku, která vyplňovala mladý vesmír.

Co je rudý posuv a proč zároveň funguje jako měřítko vzdálenosti i jako hodiny

Pokud je pro vás tento pojem nový: *rudý posuv* vyjadřuje, nakolik se světlo zdroje během cesty k nám protáhlo k delším, červenějším vlnovým délkám. Jediné číslo je tak užitečné ze dvou důvodů. Zaprvé se světlo šíří konečnou rychlostí, takže vše vzdálené zároveň vidíme v dávné minulosti — dívat se hluboko do prostoru znamená dívat se zpět v čase. Zadruhé se vesmír po celou dobu cesty světla rozpínal, a čím delší byla cesta, tím více se světlo protáhlo. Vyšší rudý posuv tedy znamená světlo, které vyrazilo dříve a z větší dálky, když byl vesmír mladší. Rudý posuv 7 zde odpovídá světlu z doby méně než miliardu let po velkém třesku — výrazně méně než desetiny dnešního stáří vesmíru.

Kvasary z této éry jsou užitečné ze dvou různých důvodů. Zaprvé už každý z nich hostí černou

díru o hmotnosti stovek milionů až miliard Sluncí. Vytvořit tak těžký objekt tak brzy není snadné: při obvyklých omezeních rychlosti, jakou může černá díra pohlcovat hmotu, stihnou takových hmotností během několika dostupných stovek milionů let dosáhnout jen poměrně masivní „zárodky“. Samotná existence a počet těchto objektů proto omezují možné scénáře vzniku a růstu prvních supermasivních černých děr. Zadrhé nese světlo kvasaru procházející okolním mezigalaktickým prostředím otisk toho, nakolik byl plyn neutrální, takže každý kvasar funguje jako sonda samotné reionizace.

Potíž je v tom, že jsou mimořádně vzácné a obtížně se hledají. Při takových rudých posuvech se jejich nejvýraznější rys, Lymanův zlom alfa, posune z viditelné oblasti do blízkého infračerveného záření. K jejich nalezení je proto nutné hluboké snímkování velké plochy v blízké infračervené oblasti — do potřebné jasnosti připadá zhruba jeden kvasar na sto čtverečních stupňů. Dosáhnout ze Země zároveň velké hloubky i velkého záběru v blízkém infračerveném oboru bylo dosud krajně obtížné. Právě tuto mezeru má Euclid zaplnit.

Co Euclid skutečně udělal

Euclid je kosmický dalekohled o průměru 1,2 metru, který provádí šestiletý průzkum s cílem zmapovat přibližně 14 000 čtverečních stupňů oblohy ve viditelném i blízkém infračerveném světle. Díky poloze nad atmosférou dosahuje na širokém poli hloubky, které pozemské přehlídky v blízkém infračerveném oboru nemohou konkurovat. Práce využívá data získaná během prvního přibližně roku a půl průzkumu — asi 3000 čtverečních stupňů pozorovaných od února 2024 do srpna 2025.



Kosmická sonda Euclid v čisté místnosti před startem. Dalekohled o průměru 1,2 metru pozoruje oblohu horní částí bílého válce; jeho širokoúhlá kamera pro blízké infračervené záření dosahuje nad atmosférou na velké ploše hloubky, které pozemské průzkumy nemohou konkurovat.

ESA / NASA Science fair-use

Najít v této kupce sena 31 jehel neznamenal prostě se dívat. Tým vytvořil vlastní fotometrii a poté na ni nasadil několik klasifikátorů založených na strojovém učení a pravděpodobnostních metodách – model hustoty s extrémní dekonvolucí, klasifikátor s gradientním boostingem a prokládání šablonami. U každého slabého bodového zdroje tak odhadl pravděpodobnost, že jde o kvasar s vysokým rudým posuvem, a nikoli o jeden z mnohem početnějších rušivých objektů, především chladných hnědých trpaslíků, jejichž barvy vzdálený kvasar napodobují. Kandidáti se porovnávali napříč metodami, prohlíželi očima a řadili podle priority pro následná pozorování. Kandidáty vybíraly snímky Euclidu; potvrzení přinesla spektra z velkých pozemských dalekohledů – mimo jiné Magellanových dalekohledů a Large Binocular Telescope – které rozloží světlo dostatečně jemně, aby odhalily charakteristický zlom a emisní čáry.

Tato potvrzovací fáze je poctivě označena za nedokončenou práci. Spektroskopická následná pozorování pokračují a podle samotné práce zatím nejsou úplná, zejména na jižní obloze. Autoři otevřeně uvádějí také osud sledovaných kandidátů, kteří se mezi 31 potvrzených kvasarů nedostali: mnozí byli rušivými objekty (velká část zřejmě hnědými trpaslíky), některé výsledky zůstaly neprůkazné a u některých nebyl zachycen žádný signál. Titulek patří souboru potvrzených kvasarů; úplný účet toho, co výběrová metoda zachytí a co mine, má přijít v dalších pracích.

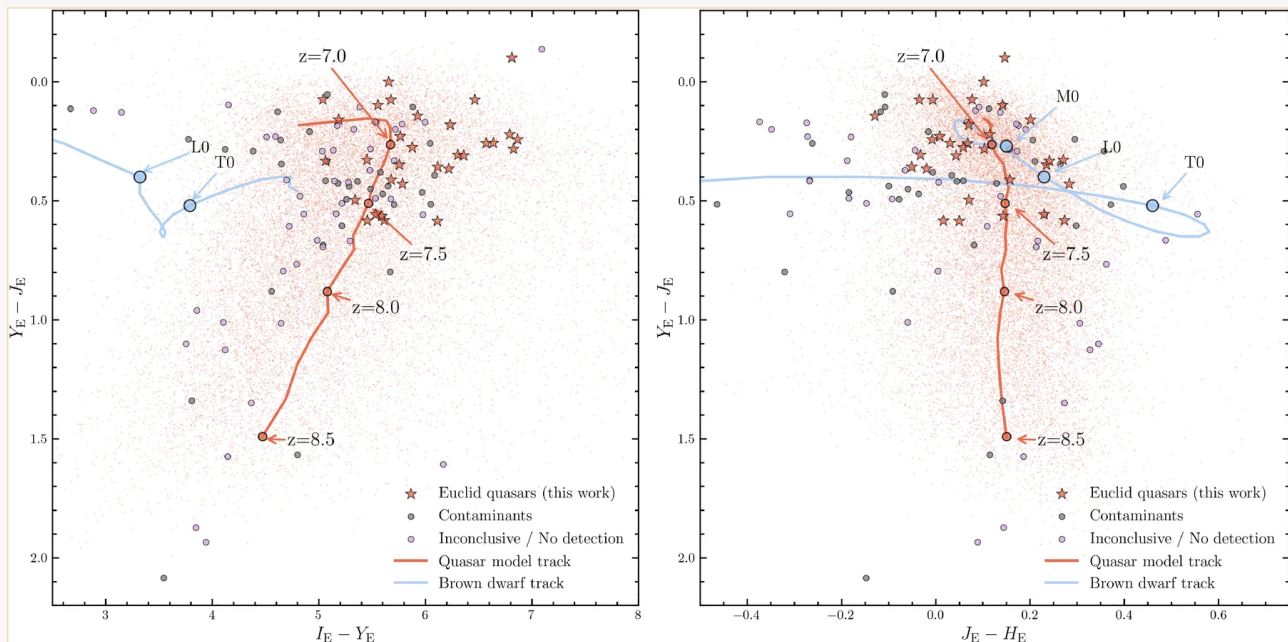


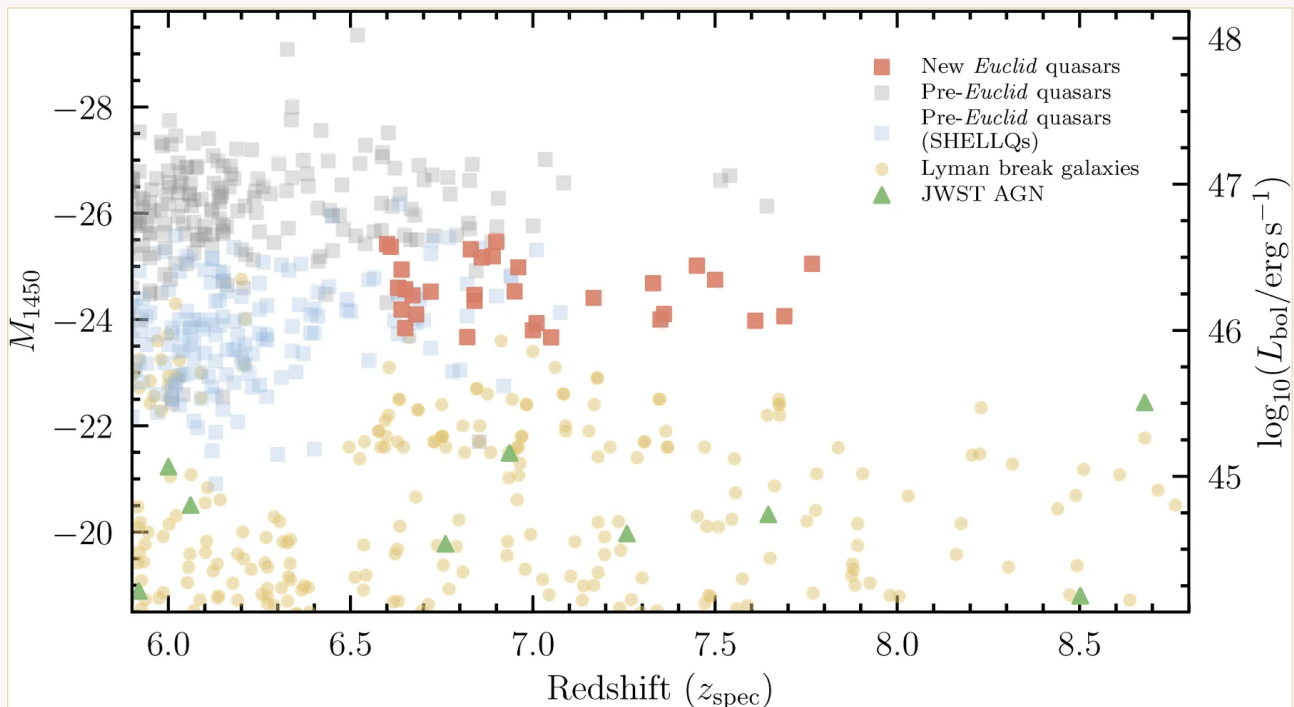
Diagram barva–barva ukazuje, jak Euclid odlišuje vzdálený kvasar od blízkého hnědého trpaslíka. Každá osa zachycuje rozdíl jasnosti objektu ve dvou filtrech Euclidu, tedy barvu jeho světla, nikoli celkovou jasnost. Červená křivka vyznačuje předpokládanou polohu kvasarů s vysokým rudým posuvem (popisky označují rudý posuv 7,0 až 8,5); světle modrá křivka sleduje chladné hnědé trpaslíky — hlavní napodobitele — označené typy M0 až T0. Všech 31 nových kvasarů (červené hvězdy) leží podél dráhy kvasarů; potvrzené rušivé objekty (šedé) a neprůkazní či nezachycení kandidáti (fialoví) se od ní odchylují. Tam, kde se obě dráhy přibližují, samotná barva nerozhodne — každý kvasar proto stále vyžaduje spektroskopické potvrzení.

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

Rekord ve správném poměru

Jeden z 31 objektů, katalogizovaný jako EUCL J1729+6410, leží na rudém posuvu přibližně 7,77 a je nyní nejvzdálenějším známým kvasarem. Je to skutečný rekord, ale je třeba jasně říct, jak velký krok představuje. Dvě desetiletí cíleného hledání posunula hranici přibližně k rudému posuvu 7,5 a bezprostřední předchozí rekordman ležel asi na 7,64. Posun na 7,77 je opravdový, ale postupný pokrok — rozdíl podle práce činí asi 0,13 v rudém posuvu, což odpovídá zhruba patnácti milionům let kosmického času. Popostrčení, nikoli skok.

Důležitější je druhé číslo: zdvojnásobení vzorku nad rudým posuvem 7 během jediné rané etapy. Rekordman je jeden objekt a jeden objekt je jediný datový bod. Teprve zdvojnásobená a rostoucí populace umožňuje statistiku — měřit, jak časté, jasné a navzájem seskupené tyto černé díry byly — a právě na statistice stojí věda o raném vesmíru. Většina nových kvasarů je navíc poměrně slabá, o jednu až dvě hvězdné velikosti slabší než zářivé kvasary nalezené před Euclidem. K tomuto slabému konci se proniká hůře, ale pro výzkum reionizace je cennější: slabší kvasary kolem sebe vytvářejí menší ionizované bubliny, a jejich světlo tak prochází větším množstvím dosud neutrálního plynu.



Poloha nových kvasarů: jasnost v závislosti na kosmické vzdálenosti. Vodorovná osa představuje rudý posuv — čím dále doprava, tím ranější dobu v kosmické historii vidíme. Svislá osa ukazuje vlastní ultrafialovou jasnost každého kvasaru, na grafu označenou M_{1450} ; podle staré astronomické konvence hvězdných velikostí běží stupnice obráceně, takže výše znamená jasněji (pravá stupnice totéž vyjadřuje jako celkovou neboli *bolometrickou* svítivost). Takto čtený graf je soupisem. Jasně, dříve známé kvasary (šedé) se hromadí při nižších rudých posuvech; hlubší přehlídka SHELLQs (světle modrá) dosáhla ke slabším objektům, ale ne o mnoho dále do minulosti. 31 nových kvasarů Euclidu (červené) prodlužuje tuto zářivou populaci k nejvyšším rudým posuvům — nejpravější bod je rekordman na 7,77 — a současně leží asi o jednu až dvě hvězdné velikosti níže než klasické jasné kvasary. Pod nimi se rozkládá oblast dostupná jen hlubokým, úzce zaměřeným průzkumům: moře galaxií s Lymanovým zlomem (žluté) a hrstka velmi slabých akreujících černých děr zachycených JWST (zelené trojúhelníky). Přínos Euclidu se ukazuje jako samostatná skupina — poměrně jasné, velmi rané kvasary na velké ploše — která propojuje starý jasný vzorek se slabou populací, k níž zatím dosáhnou jen cíleně zaměřené přístroje.

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

Co zůstává nejisté

Výsledek doprovázejí tři výhrady a samotná práce každou z nich uvádí.

Zprv jde o úvodní výsledek, nikoli konečné měření. Autoři výslovně odkládají úplnou statistickou analýzu výběrové funkce a populace kvasarů na budoucí publikace. Zdejší omezení funkce svítivosti jsou prvním pohledem, ne posledním slovem.

Zadruhé nemusí být každý slabý „kvasar“ skutečně kvasarem. Na slabém konci mohou být některé takto označené objekty ve skutečnosti kompaktní rané galaxie, zejména pokud postrádají výrazně rozšířenou čáru Lyman-alfa. Tým provedl předběžnou kontrolu, podle níž objekty odpovídají spíše bodovým zdrojům než rozlehlým galaxiím, ale sám ji označuje za předběžnou. Skutečnou povahu

nejslabších objektů určí až hluboká spektroskopie v blízkém infračerveném oboru pomocí JWST a podobných zařízení.

Zatřetí jsou objekty samy o sobě slabé a leží poblíž hranice toho, co dokáže charakterizovat pozemská spektroskopie. Určit hmotnosti jejich černých děr, jejich okolí a místo v příběhu reionizace bude vyžadovat JWST, ALMA a NOEMA. Euclid je velmi dobře nachází; jejich studium však do značné míry předává jiným přístrojům.

Proč na tom záleží

Hodnota této práce je demografická. Po celé desetiletí měli astronomové pro úvahy o první miliardě let vesmíru jen hrstku kvasarů. Euclid v jediném raném výseku svého průzkumu přidal tolik objektů, že se seznam změnil ve vzorek — a podle předstartovních odhadů má dobře nakročeno k dalším objevům.

Je to důležité, protože otevřené otázky se týkají celých populací. Jak černé díry tak rychle vyrostly? Nakolik byl mezigalaktický plyn v různých dobách nerovnoměrný a neutrální? Na to neodpoví jediný velkolepý objekt; odpověď přináší počítání, porovnávání a mapování mnoha z nich. Euclid prokázal schopnost takový soupis vytvořit — včetně slabého konce, který souvisí se záhadnou populací akreujících černých děr, již JWST nachází ve stejné éře. Tato práce neřeší vznik prvních černých děr a sama neměří reionizaci. Ve velkém dodává surovinu, kterou tato měření potřebují, a vytyčuje jasnou hranici pro již probíhající následné kampaně.

Stručné shrnutí

Spolupráce Euclid využila prvních přibližně 3000 čtverečních stupňů širokého průzkumu Euclid a objevila 31 nových kvasarů s rudým posuvem od 6,6 do 7,8. Dvanáct z nich leží na hodnotě 7 nebo výše — známá populace v této oblasti se tak více než zdvojnásobila — a objekt na rudém posuvu 7,77 je nyní nejvzdálenějším známým kvasarem. Význam výsledku spočívá v prokázané schopnosti průzkumu nacházet tyto vzácné, většinou slabé objekty ve velkém, nikoli v malém posunu rekordu. Jde o úvodní zveřejnění výsledků: úplná statistická analýza, velká část spektroskopických potvrzení a podrobná charakteristika jednotlivých objektů teprve přijdou.

Kontrola bez příkras

Co práce ukazuje: Široký průzkum Euclid dokáže během prvního přibližně 1,5 roku na asi 3000 čtverečních stupních nalézt tolik kvasarů s vysokým rudým posuvem jako žádná předchozí přehlídka — 31 potvrzených objektů mezi rudým posuvem 6,6 a 7,8, dvanáct na hodnotě 7 nebo výše, což přibližně zdvojnásobuje dosavadní počet, a nejvzdálenější z nich na rudém posuvu asi 7,77.

Co je věrohodné, ale není podstatou výsledku: Samotný rekord rudého posuvu. Je skutečný, ale hranici posouvá jen asi o 0,13 — z předchozího rekordu kolem 7,64 na 7,77, tedy o přibližně patnáct milionů let kosmického času. Titulkem, který ob stojí i časem, je zdvojnásobený, rostoucí a neobvykle slabý vzorek, nikoli jediný rekordman.

Co práce neukazuje: Jak vznikly první supermasivní černé díry ani jak probíhala reionizace. Tyto kvasary jsou nástroji pro zkoumání těchto otázek, ne odpověďmi. Nejde ani o konečný soupis populace — úplnou statistickou analýzu autoři výslovně ponechávají budoucím pracím.

Hlavní omezení pro běžného čtenáře: Spektroskopická následná pozorování nejsou úplná, zejména na jihu; výsledky funkce svítivosti jsou předběžné; a některé z nejslabších objektů označených za kvasary se mohou ukázat jako rané galaxie, dokud je nepotvrdí spektroskopie na úrovni JWST.

Jak velkou důvěru by měl běžný čtenář mít? Vysokou v to, že Euclid změnil možnosti hledání objektů při těchto rudých posuvech, a vysokou v recenzovaná potvrzení jasnějších objektů. Podle vlastního rámce autorů je namísto nižší důvěra v přesná čísla pro slabý konec populace a v povahu nejslabších kandidátů — jde o první výsledky, nikoli o uzavřenou 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>