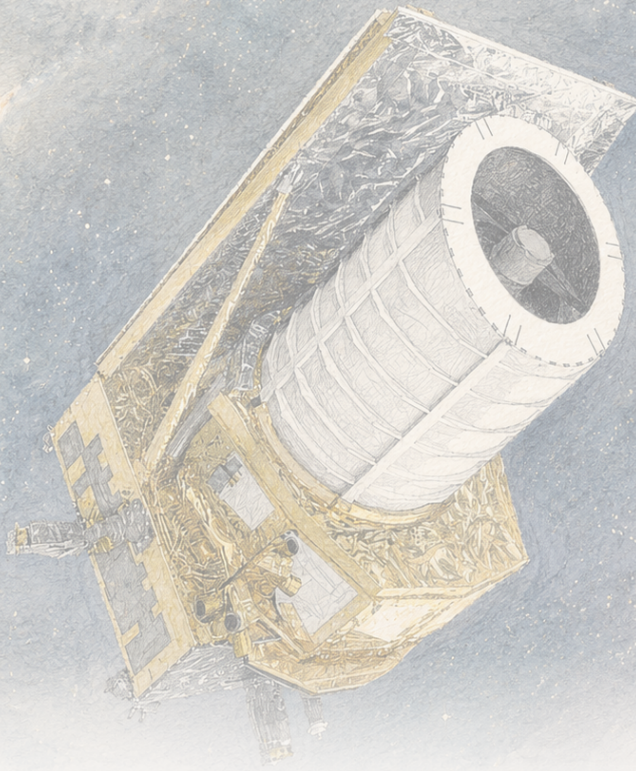




The CLEAN PAPER

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

Euclid-მა redshift 7-ის მიღმა ცნობილი კვაზარების მცირე ნიმუში ორჯერ მეტზე გაზარდა

Euclid Wide Survey-ის პირველ წელიწად-ნახევარში დაახლოებით 3000 კვადრატულ გრადუსზე redshift 6.6–7.8-ის 31 ახალი კვაზარი იპოვეს. მათგან თორმეტი redshift 7-ზე ან უფრო მაღლაა, რითაც Euclid-მდე ცნობილი მცირე ნიმუში ორჯერ მეტზე გაიზარდა; ერთი, redshift 7.77-ზე, ახლა ყველაზე შორეული ცნობილი კვაზარია. მთავარი წინსვლა არა ეს მცირე რეკორდია, არამედ survey-ის უნარი, ასეთი იშვიათი და ხშირად მკრთალი ობიექტები დიდი რაოდენობით იპოვოს. ეს საწყისი შედეგია; სრული სტატისტიკური ანალიზი და სპექტროსკოპიული follow-up-ის დიდი ნაწილი ჯერ წინ არის.

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

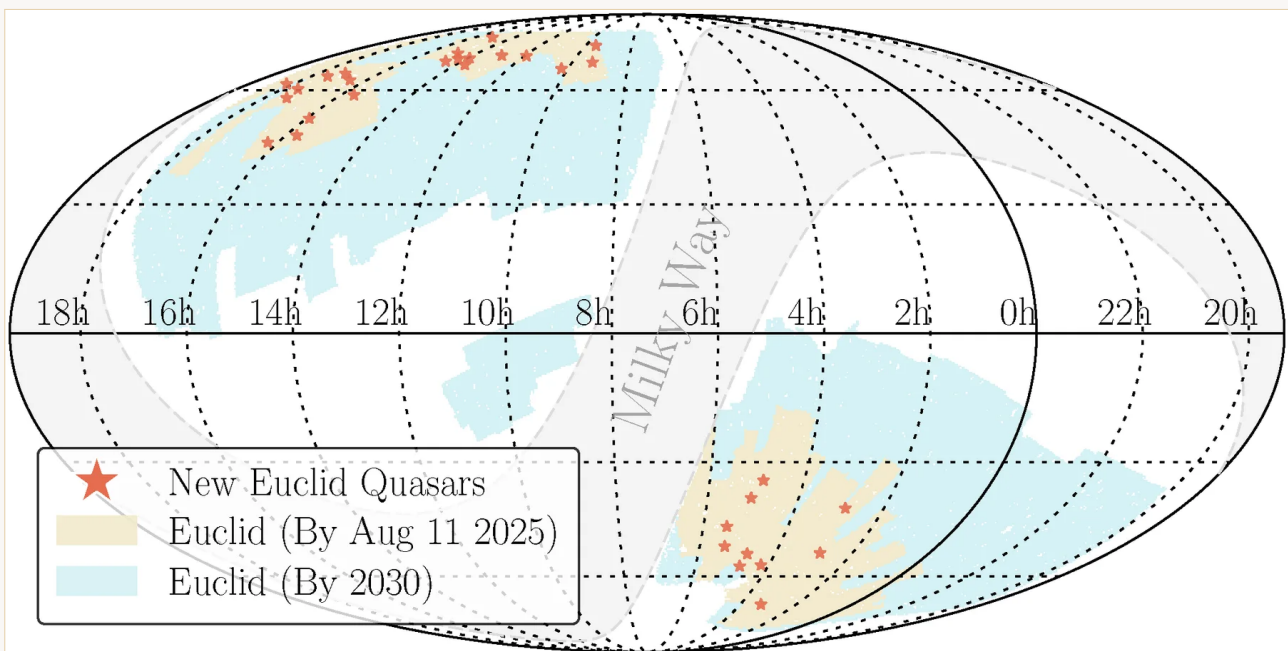
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarnieri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

იშვიათი ობიექტებისთვის შექმნილმა გამოკითხვამ მათი მთელი ჯგუფი იპოვა

კვაზარი არის სუპერმასიური შავი ხვრელი იმ მომენტში, როცა ის აქტიურად შთანთქავს გაზს და ისე კაშკაშებს, რომ შეიძლება საკუთარ მასპინძელ გალაქტიკასაც აჯობოს. რადგან კვაზარები სამყაროს ყველაზე კაშკაშა სტაბილურ წყაროებს შორისაა, ისინი შუქურებად გამოდგება: თუ საკმარისად შორეულ კვაზარს ვიპოვით, მისი სინათლე მილიარდობით წლის გალაქტიკათშორის სივრცეს ანათებს და გზად არსებული მატერიის შესახებ ინფორმაციას გვიტოვებს.

ყველაზე შორეული კვაზარები — ისინი, რომელთა სინათლეს მაშინ გამოეშვა, როცა სამყარო მილიარდ წელზე ახალგაზრდა იყო — ყველაზე იშვიათიცაა. სანამ Euclid-ის კოსმოსური ტელესკოპი მთავარ გამოკითხვას დაიწყებდა, redshift 7-ის მიღმა მხოლოდ დაახლოებით ცხრა კვაზარი იყო დადასტურებული; ეს სია ნელ-ნელა იზრდებოდა 2011 წელს პირველი ასეთი აღმოჩენის შემდეგ.

- Astronomy & Astrophysics*-ში გამოქვეყნებულ ახალ ნაშრომში Euclid Collaboration აღწერს **31 ახალ კვაზარს redshift 6.6-დან 7.8-მდე**, რომლებიც გამოკითხვის მხოლოდ პირველ დაახლოებით წელიწად-ნახევარში იპოვეს. მათგან თორმეტი redshift 7-ზე ან უფრო შორსაა. ერთმა ადრეულმა მონაცემთა ნაკრებმა ამ redshift-ზე ცნობილი პოპულაცია ორჯერ მეტზე მეტად გაზარდა. ეს გამოკითხვის მასშტაბის ძალის ისტორიაა — და მნიშვნელოვანია ზუსტად გავარჩიოთ რას ნიშნავს და რას არა.



Euclid Wide გამოკითხვის აქამდე დაფარული ფართობი (ბეჟი) 2030 წლისთვის დაგეგმილ სრულ არესთან (ცისფერი) შედარებით; 31 ახლად აღმოჩენილი მაღალი redshift-ის კვაზარი წითლადაა მონიშნული. ისინი გამოკითხვის მხოლოდ პირველი ნაწილისგან მოდის, რომელიც

საბოლოოდ დაახლოებით 14,000 კვადრატული გრადუსის რუკირებისთვისაა შექმნილი.

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



Euclid-მდე redshift 7-ის მიღმა დაახლოებით ცხრა კვაზარი იყო ცნობილი (2011–2024). ამ ერთმა ადრეულმა მონაცემთა ნაკრებმა კიდევ თორმეტი დაამატა — „გაორმაგება“ კონკრეტული რიცხვებით, ჯერ კიდევ მცირე ნიმუშზე.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

რატომ ღირს ასეთი შორეული კვაზარების ძებნა

Redshift აჩვენებს, რამდენად გაიწელა სამყაროს გაფართოების გამო წყაროს სინათლე ჩვენამდე გზაში; უფრო მაღალი redshift ნიშნავს უფრო ძველ სინათლეს და უფრო ახალგაზრდა სამყაროს. redshift 7-ზე ჩვენ დიდი აფეთქებიდან მილიარდ წელზე ნაკლებ დროში ვიხედებით, რეიონიზაციის ეპოქის ბოლო ნაწილში, როცა პირველი კამკამა ობიექტები ადრეულ კოსმოსში არსებული ნეიტრალური წყალბადის ნისლს იონიზებდნენ.

რა არის redshift და რატომ არის ის ერთდროულად მანძილიც და საათიც?

თუ ტერმინი ახალია: *redshift* აღწერს, რამდენად გაიწელა წყაროს სინათლე უფრო გრძელი, უფრო „წითელი“ ტალღებისკენ ჩვენამდე მოსვლისას. ერთი რიცხვი ორი მიზეზითაა ასეთი სასარგებლო. პირველი: სინათლე ფიქსირებული სიჩქარით მოძრაობს, ამიტომ რაც უფრო შორსაა ობიექტი, მით უფრო ძველ მდგომარეობაში ვხედავთ მას — სივრცეში შორს ყურება დროშიც უკან ყურებაა. მეორე: სინათლის მგზავრობის განმავლობაში სამყარო ფართოვდება, და რაც უფრო ხანგრძლივია ეს გზა, მით მეტად იწელება სინათლე. ამიტომ მაღალი *redshift* ნიშნავს უფრო ადრეულ სინათლეს, უფრო შორეული წყაროდან და უფრო ახალგაზრდა სამყაროდან. აქ *redshift* 7 ნიშნავს დიდ აფეთქებიდან მილიარდ წელზე ნაკლებ დროს — დღევანდელი სამყაროს ასაკის მეთედზე ბევრად ნაკლებს.

ამ ეპოქის კვაზარები ორი დამოუკიდებელი მიზეზითაა მნიშვნელოვანი. პირველი: თითოეულში უკვე არსებობს ასობით მილიონიდან მილიარდობით მზის მასამდე შავი ხვრელი. ასეთი მასის ასე ადრე გაზრდა რთულია: შავი ხვრელის აკრეციის ჩვეულებრივი სიჩქარის საზღვრებში, რამდენიმე ასეული მილიონი წლის განმავლობაში ასეთ მასამდე მისაღწევად საკმაოდ მასიური საწყისი „თესლები“ არის საჭირო. ამიტომ მათი არსებობა და რაოდენობა პირველი სუპერმასიური შავი ხვრელების წარმოშობასა და ზრდას ზღუდავს. მეორე: კვაზარის სინათლე გალაქტიკათშორის გარემოში გავლისას ინახავს კვალს იმისა, რამდენად ნეიტრალური იყო გაზი, ამიტომ თითოეული კვაზარი რეიონიზაციის კვლევის ზონდია.

სირთულე ისაა, რომ ისინი უკიდურესად იშვიათი და ძნელად საპოვნელია. ასეთ *redshift*-ზე კვაზარის ძლიერი Lyman-alpha break ოპტიკური დიაპაზონიდან ახლო ინფრაწითელში გადადის, ამიტომ საჭიროა ერთდროულად ღრმა და ფართო near-infrared ვიზუალიზაცია — შესაბამის სიკაშკაშემდე დაახლოებით ერთი კვაზარი ას კვადრატულ გრადუსზე. მიწიდან ახლო ინფრაწითელში ასეთი სიღრმისა და ფართობის კომბინაცია ძალიან ძნელი იყო. Euclid სწორედ ამ სიცარიელის შესავსებად შეიქმნა.

სინამდვილეში რა გააკეთა Euclid-მა

Euclid 1.2-მეტრიანი კოსმოსური ტელესკოპია, რომელიც ექვსწლიანი გამოკითხვის ფარგლებში დაახლოებით 14,000 კვადრატულ გრადუსს ოპტიკურ და ახლო ინფრაწითელ დიაპაზონში უნდა დააკვირდეს. ატმოსფეროს ზემოთ მდებარეობა საშუალებას აძლევს ფართო ველზე იმ სიღრმეს მიაღწიოს, რასაც მიწისზედა near-infrared გამოკითხვები ვერ უზრუნველყოფენ. ეს ნაშრომი გამოკითხვის პირველი დაახლოებით წელიწად-ნახევრის მონაცემებს იყენებს — დაახლოებით 3000 კვადრატულ გრადუსს, რომელიც 2024 წლის თებერვლიდან 2025 წლის აგვისტომდე დაფარეს.



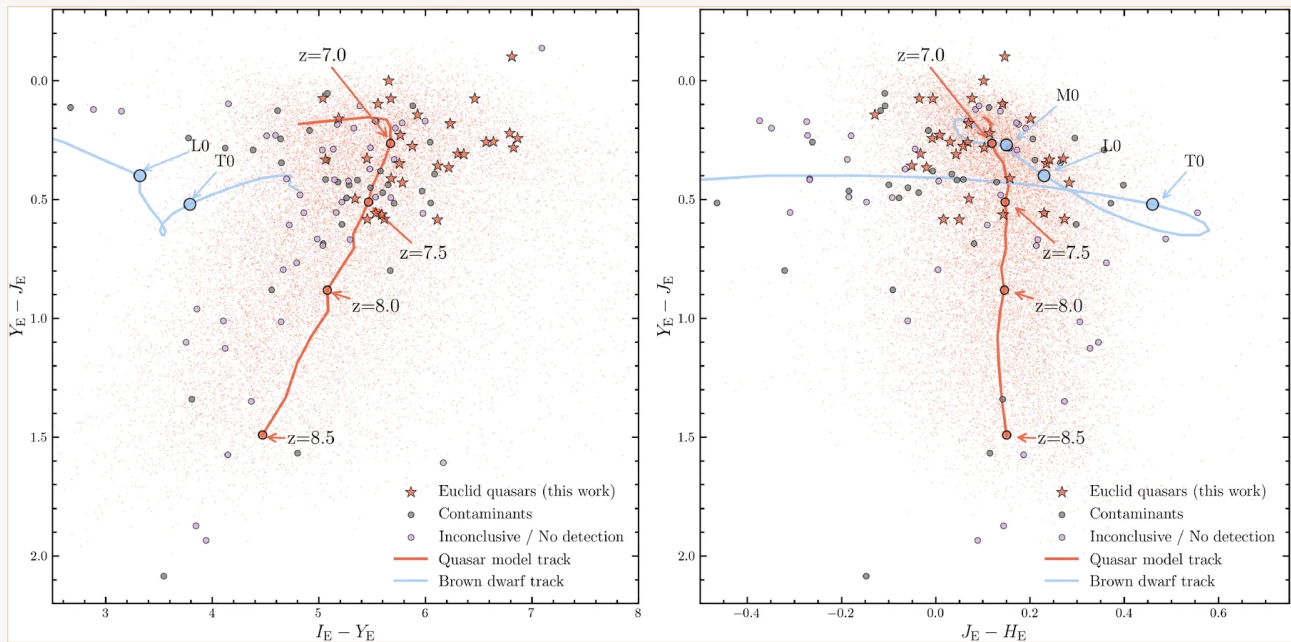
Euclid-ის კოსმოსური აპარატი გაშვებამდე cleanroom-ში. 1.2-მეტრიანი ტელესკოპი ცას თეთრი ცილინდრის ზედა ნაწილიდან უყურებს; ატმოსფეროს ზემოთ მისი ფართოველიანი near-infrared კამერა დიდ ფართობზე მიწისზედა ძიებებისთვის მიუწვდომელ სიღრმეს აღწევს.

ESA / NASA Science fair-use

ამ „თივის ზვინში“ 31 ნემსის პოვნა უბრალოდ თვალთ დათვალიერება არ ყოფილა. გუნდმა შექმნა სპეციალური ფოტომეტრია და მასზე რამდენიმე machine-learning და probabilistic classifier გაუშვა — extreme-deconvolution density მოდელი, gradient-boosted classifier და template-based fits — რათა თითოეული მკრთალი წერტილოვანი წყაროსთვის შეეფასებინათ ალბათობა, რომ ის მაღალი redshift-ის კვაზარია და არა ბევრად უფრო ხშირი დამაბინძურებელი ობიექტი, განსაკუთრებით ცივი brown dwarf, რომლის ფერებიც შორეულ კვაზარს ჰგავს. კანდიდატები მეთოდებს შორის შეადარეს, თვალთაც შეამოწმეს და შემდგომი დაკვირვებისთვის პრიორიტეტები მიანიჭეს. Euclid-ის გამოსახულებები კანდიდატებს არჩევს; საბოლოო დადასტურება დიდ მიწისზედა ტელესკოპებზე — მათ შორის Magellan-სა და დიდი Binocular Telescope-ზე — მიღებული სპექტრებით მოდის, სადაც დამახასიათებელი break და ემისიური ხაზები ჩანს.

ეს დადასტურების ეტაპი ჯერ მიმდინარე სამუშაოა. სპექტროსკოპიული შემდგომი დაკვირვება გრძელდება და, თვითონ ნაშრომის მიხედვით, სრულ კომპლექტამდე ჯერ არ მისულა, განსაკუთრებით სამხრეთის ცაზე. იმ კანდიდატებისთვის, რომლებიც შეამოწმეს მაგრამ 31 დადასტურებულ კვაზარში ვერ მოხვდნენ, ავტორები შედეგებს პირდაპირ აღწერენ: ბევრი დამაბინძურებელი აღმოჩნდა (დიდი ნაწილი, სავარაუდოდ,

brown dwarf), ზოგი გაურკვეველი დარჩა, ზოგში კი საერთოდ ვერ დაინახეს საკმარისი სიგნალი. 31 დადასტურებული კვაზარი სათაურია; შერჩევა function-ის სრული აღრიცხვა და რა გამოდის/რა რჩება გამოტოვებული, მომავალ ნაშრომებში იქნება.



Colour-colour დიაგრამა: როგორ განასხვავებს Euclid შორეულ კვაზარს ახლომდებარე brown dwarf-ისგან. თითოეული ღერძი ორი Euclid ფილტრის სიკაშკაშეებს შორის განსხვავებაა და სინათლის ფერს აღწერს. წითელი მრუდი მაღალი redshift-ის კვაზარებისთვის მოსალოდნელ ტრაექტორიას მიჰყვება (ნიშნები redshift 7.0-დან 8.5-მდე), ღია ლურჯი კი მთავარი „მიმბაძველების“, ცივი brown dwarf-ების ტრაექტორიას M0-დან T0-მდე. 31 ახალი კვაზარი (წითელი ვარსკვლავები) კვაზარის ტრაექტორიას მიჰყვება; დადასტურებული დამაბინძურებლები (ნაცრისფერი) და გაურკვეველი/არაღმოჩენილი კანდიდატები (იისფერი) სხვაგან ეცემა. სადაც ორი ტრაექტორია უახლოვდება ერთმანეთს, მხოლოდ ფერი საკმარისი არ არის — ამიტომ ყველა კვაზარს სპექტროსკოპიული დადასტურება მაინც სჭირდება.

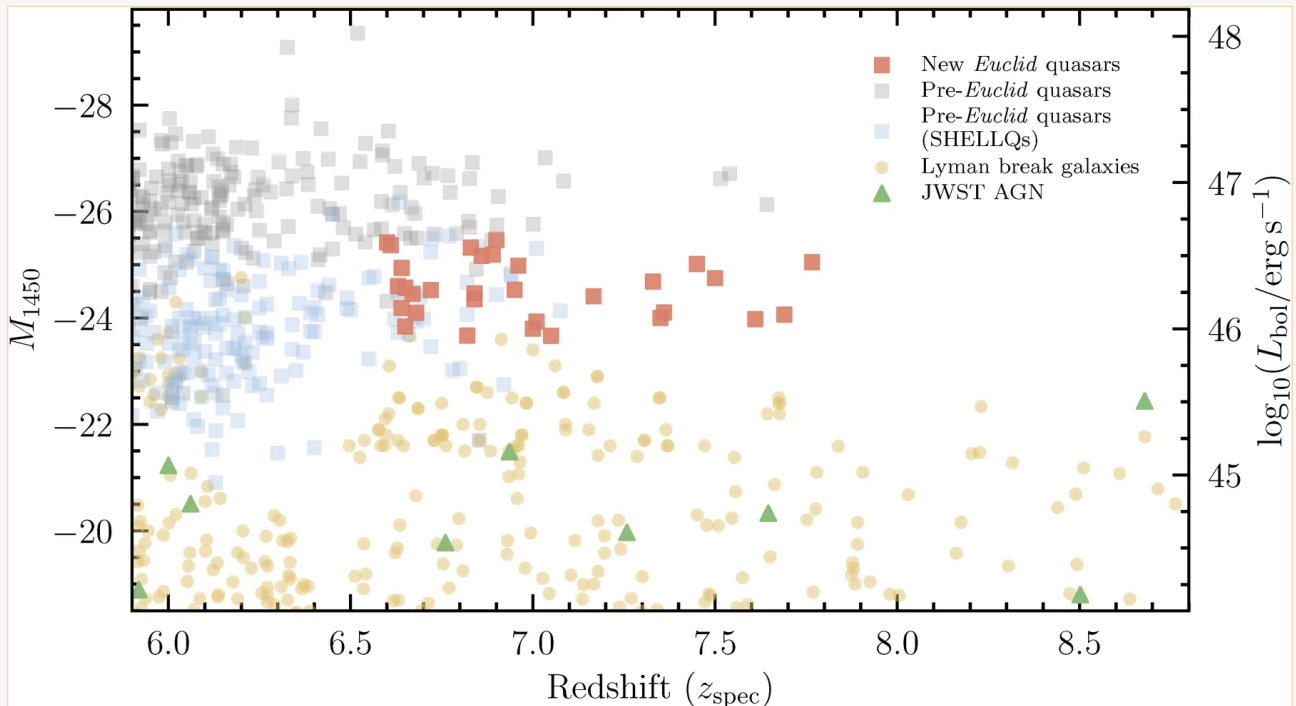
D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

რეკორდი, სწორ პროპორციაში

31 ობიექტიდან ერთი, EUCL J1729+6410, redshift დაახლოებით 7.77-ზეა და ახლა ყველაზე შორეული ცნობილი კვაზარია. ეს ნამდვილი რეკორდია, მაგრამ ნაბიჯის ზომაც სწორად უნდა დავინახოთ. ორი ათწლეულის მიზანმიმართული ძიებით ზღვარი დაახლოებით redshift 7.5-მდე მივიდა; წინა რეკორდი დაახლოებით 7.64 იყო. 7.77-მდე გადაწევა რეალური წინსვლაა, მაგრამ მცირე — ნაშრომის მიხედვით დაახლოებით 0.13 redshift, კოსმოსურ დროში დაახლოებით თხუთმეტი მილიონი წელი. ბიძგია და არა ნახტომი.

უფრო მნიშვნელოვანი სხვა რიცხვია: redshift 7-ის ზემოთ ნიშუმის გაორმაგება ერთ ადრეულ გამოკითხვა run-ში. რეკორდსმენი ერთი ობიექტია და ერთი მონაცემები

point. გაორმაგებული და მზარდი პოპულაცია კი სტატისტიკის საშუალებას იძლევა — რამდენად ხშირი იყო ასეთი შავი ხვრელები, რამდენად კაშკაშა, როგორ ჯგუფდებოდნენ — და ადრეული სამყაროს მეცნიერება სწორედ ასეთ სტატისტიკაში ცხოვრობს. ახალი კვაზარების უმეტესობაც შედარებით მკრთალია: Euclid-მდე ნაპოვნ კლასიკურ კაშკაშა კვაზარებზე დაახლოებით ერთი-ორი magnitude-ით მკრთალი. ამ faint end-მდე მიღწევა უფრო რთულია და რეიონიზაციისთვის უფრო ღირებული: მკრთალი კვაზარები საკუთარ გარშემო პატარა იონიზებულ ბუშტებს ქმნიან, ამიტომ მათი სინათლე უფრო მეტ ჯერ კიდევ ნეიტრალურ გაზს კვეთს.



ახალი კვაზარების მდებარეობა: სიკაშკაშე კოსმოლოგიური მანძილის მიმართ. ჰორიზონტალური ღერძი redshift-ია — მარჯვნივ უფრო ადრეული კოსმოლოგიური დროა. ვერტიკალური ღერძი კვაზარის შინაგანი UV სიკაშკაშეა, M_{1450} ; ასტრონომიული magnitude-ის ძველი კონვენციის გამო ღერძი „უკუღმაა“, ანუ ზემოთ უფრო კაშკაშაა (მარჯვენა სკალა იმავე ინფორმაციას საერთო, ანუ *bolometric luminosity*-ად აჩვენებს). ამ თვალთვალს ეს პოპულაციის აღრიცხვაა. ადრე ცნობილი კაშკაშა კვაზარები (ნაცრისფერი) დაბალ redshift-ზე გროვდება; ღრმა SHELLQs გამოკითხვა (ღია ლურჯი) უფრო მკრთალ ობიექტებამდე მიდიოდა, მაგრამ დროში ბევრად უკან ვერ აღწევდა. Euclid-ის 31 ახალი კვაზარი (წითელი) კაშკაშა პოპულაციას ყველაზე მაღალ redshift-მდე აგრძელებს — ყველაზე მარჯვნივ რეკორდსმენია 7.77-ზე — და ამავე დროს კლასიკურ ნათელ კვაზარებზე დაახლოებით ერთი-ორი magnitude-ით მკრთალია. ქვემოთ არის ის სივრცე, რომელსაც მხოლოდ ღრმა, ვიწრო გამოკითხვები აღწევს: Lyman-break გალაქტიკების დიდი რაოდენობა (ყვითელი) და JWST-ის მიერ აღმოჩენილი რამდენიმე ძალიან მკრთალი აქტიურად აკრეცირებადი შავი ხვრელი (მწვანე სამკუთხედები). Euclid-ის წვლილი ცალკე ჯგუფად ჩანს — შედარებით ნათელი კვაზარები, ძალიან ადრეული ეპოქა, ფართო ფართობი — რომელიც ძველ ნათელ ნიმუშს უფრო მკრთალ პოპულაციასთან აკავშირებს.

რა რჩება გაურკვეველი

სამი მნიშვნელოვანი caveat თავად ნაშრომშიც პირდაპირ წერია.

პირველი: ეს საწყისი შედეგია და არა საბოლოო გაზომვა. ავტორები შერჩევა function-ისა და კვაზარების პოპულაციის სრულ სტატისტიკურ ანალიზს მომავალი პუბლიკაციებისთვის იტოვებენ. luminosity function-ის აქ მოცემული შეზღუდვები პირველადი სურათია და არა საბოლოო სიტყვა.

მეორე: ყველა მკრთალი „კვაზარი“ გარანტირებულად კვაზარი არაა. faint end-ზე ზოგიერთ ობიექტს, რომელსაც კვაზარად მიიჩნევენ, შესაძლოა კომპაქტური ადრეული გალაქტიკა წარმოადგენდეს, განსაკუთრებით თუ ძლიერად გაფართოებული Lyman-alpha ხაზი არ აქვს. გუნდის წინასწარი შემოწმება მათ უფრო წერტილოვან წყაროებთან ათავსებს, ვიდრე გაფართოებულ გალაქტიკებთან, მაგრამ თავადვე უწოდებენ ამას წინასწარს. ყველაზე მკრთალი ობიექტების ბუნებას ღრმა near-infrared spectroscopy — JWST-ისა და მსგავსი ობსერვატორიების საშუალებით — გადაწყვეტს.

მესამე: ობიექტები თავად ძალიან მკრთალია და მიწისზედა სპექტროსკოპიის შესაძლებლობების ზღვართანაა. მათი შავი ხვრელების მასების, გარემოსა და რეიონიზაციაში ადგილის დასადგენად JWST, ALMA და NOEMA იქნება საჭირო. Euclid ძალიან კარგია მათ საპოვნელად; დეტალური შესწავლისთვის კი ობიექტებს სხვა ინსტრუმენტებს „აწვდის“.

რატომ არის მნიშვნელოვანი

ამ სამუშაოს მთავარი ღირებულება დემოგრაფიულია. ათწლეულის განმავლობაში სამყაროს პირველი მილიარდი წელიწადი ასტრონომებს მხოლოდ რამდენიმე კვაზარს აძლევდა დასკვნებისთვის. Euclid-მა გამოკითხვის ერთ ადრეულ ნაწილში საკმარისი ახალი ობიექტი დაამატა, რომ ეს „სია“ ნიმუშად იქცეს — და pre-launch პროგნოზებთან თანხვედრაში, სავარაუდოდ, კიდევ ბევრს იპოვის.

ეს მნიშვნელოვანია, რადგან ღია კითხვები პოპულაციებს ეხება. როგორ გახდნენ შავი ხვრელები ასე სწრაფად ასეთი დიდები? სხვადასხვა დროს რამდენად არათანაბარი და რამდენად ნეიტრალური იყო გალაქტიკათშორისი გაზი? ამ კითხვებს ერთი შთამბეჭდავი ობიექტი ვერ პასუხობს; პასუხი მოდის მრავალი ობიექტის დათვლით, შედარებითა და რუკირებით. Euclid-მა აჩვენა, რომ ასეთი census-ის შექმნა შეუძლია — მათ შორის faint end-ზე, რომელიც იმავე ეპოქაში JWST-ის მიერ ნაპოვნ უცნაურ აკრეცირებად შავ ხვრელებს უკავშირდება. ეს ნაშრომი არ წყვეტს პირველი შავი ხვრელების წარმოშობის საკითხს და თავისთავად არც რეიონიზაციას ზომავეს. ის მასობრივად აწვდის იმ ნედლ მასალას, რომელიც ამ გაზომვებს სჭირდება, და ამკარა სამიზნეს ქმნის უკვე მიმდინარე შემდგომი დაკვირვება კამპანიებისთვის.

მოკლე შეჯამება

Euclid Wide გამოკითხვის პირველი დაახლოებით 3000 კვადრატული გრადუსის გამოყენებით Euclid Collaboration-მა redshift 6.6–7.8-ზე **31 ახალი კვაზარი** აღმოაჩინა. მათგან თორმეტი redshift 7-ზე ან უფრო მაღლაა, რითაც იქამდე ცნობილი პოპულაცია ორჯერ მეტზე გაიზარდა; ერთი, redshift 7.77-ზე, ახლა ყველაზე შორეული ცნობილი კვაზარია. მთავარი მნიშვნელობა არა მცირე redshift-რეკორდში, არამედ გამოკითხვის დემონსტრირებულ უნარშია — იშვიათი, უმეტესად შედარებით მკრთალი ობიექტების დიდი რაოდენობით პოვნაში. ეს საწყისი მონაცემთა შედეგია: სრული სტატისტიკური ანალიზი, სპექტროსკოპიული დადასტურების მნიშვნელოვანი ნაწილი და ცალკეული ობიექტების დეტალური დახასიათება ჯერ კიდევ წინ არის.

ზედმეტი ხმაურის გარეშე

რას აჩვენებს ნაშრომი: Euclid Wide გამოკითხვამ პირველ ~1.5 წელში და ~3000 კვადრატულ გრადუსზე მაღალი redshift-ის კვაზარები ისეთი რაოდენობით იპოვა, როგორიც წინა გამოკითხვებს არ შეეძლოთ — 31 დადასტურებული ობიექტი redshift 6.6–7.8-ზე, თორმეტი redshift 7-ზე ან უფრო მაღლა, რაც იქამდე ცნობილი რაოდენობის დაახლოებით გაორმაგებაა; ყველაზე შორეული დაახლოებით 7.77-ზეა.

რა არის რეალური, მაგრამ მთავარი არაა: redshift-ის რეკორდი. ის ნამდვილად ახალია, მაგრამ საზღვარს მხოლოდ დაახლოებით 0.13-ით წევს — წინა ~7.64-დან 7.77-მდე, კოსმოსურ დროში დაახლოებით თხუთმეტი მილიონი წელი. უკეთესი სათაურია გაორმაგებული, მზარდი და უჩვეულოდ მკრთალი ნიმუში და არა ერთი რეკორდსმენი.

რას არ აჩვენებს: როგორ წარმოიქმნა პირველი სუპერმასიური შავი ხვრელები ან რეიონიზაციის უშუალო გაზომვას. ეს კვაზარები ამ კითხვებისთვის ინსტრუმენტებია და არა პასუხები. არც საბოლოო census-ია — სრული სტატისტიკური ანალიზი პირდაპირაა გადადებული მომავალ ნაშრომებზე.

მთავარი შეზღუდვები ზოგადი მკითხველისთვის: სპექტროსკოპიული შემდგომი დაკვირვება არასრულია, განსაკუთრებით სამხრეთში; luminosity-function-ის შედეგები წინასწარია; და ყველაზე მკრთალი „კვაზარებიდან“ ზოგი შეიძლება ადრეული გალაქტიკა აღმოჩნდეს, სანამ JWST-ის დონის სპექტროსკოპია მათ ბუნებას არ დაადასტურებს.

რამდენად უნდა ენდოს ამას ზოგადი მკითხველი? მაღალი ნდობა იმისა, რომ Euclid-მა მნიშვნელოვნად შეცვალა, რა რაოდენობის ობიექტის პოვნაა შესაძლებელი ასეთ redshift-ზე, და მაღალი ნდობა უფრო ნათელი ობიექტების peer-reviewed დადასტურებებზე. უფრო დაბალი — თავად ავტორების ფორმულირებით — faint-end პოპულაციის ზუსტ რიცხვებსა და ყველაზე მკრთალი კანდიდატების ბუნებაზე: ეს პირველი შედეგებია და არა საბოლოო პასუხი.

წყაროები

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>