

## Твої Власні спостереження

У завершальній статті із серії про громадянську науку розповімо про проєкт зовсім іншого типу, ніж два попередні. Людське око, головний мозок та його когнітивна здатність до розпізнавання образів – надзвичайно потужні інструменти пізнання Всесвіту, які точно ще певний час будуть складати конкуренцію комп'ютерам та алгоритмам машинного зору. Але є така сторона Всесвіту, що має відчутний вплив на наше життя, та недоступна нашим органам чуття, – космічні промені. Це потоки частинок, що потрапляють на нашу планету із Сонця та далекого космосу. У попередніх випусках „КОЛОСКА” є пізнавальні статті Олега Петрука, присвячені цьому явищу та його дослідженню<sup>1</sup>. Зараз просто коротко нагадаємо, що потоки високоенергетичних частинок, що приходять до нас із космосу, народжуються в різних екстремальних умовах: у спалахах та залишках наднових, внаслідок активності ядер галактик певного виду (блазарів<sup>2</sup>) – надмасивних чорних дір та їх джетів<sup>3</sup>, поблизу магнетарів – нейтронних зір з надпотужним магнітним полем тощо.

<sup>1</sup>Читай статті „100 років вивчення космічних променів. Частина 1, 2” у журналі „КОЛОСОК” № 7,8/2012

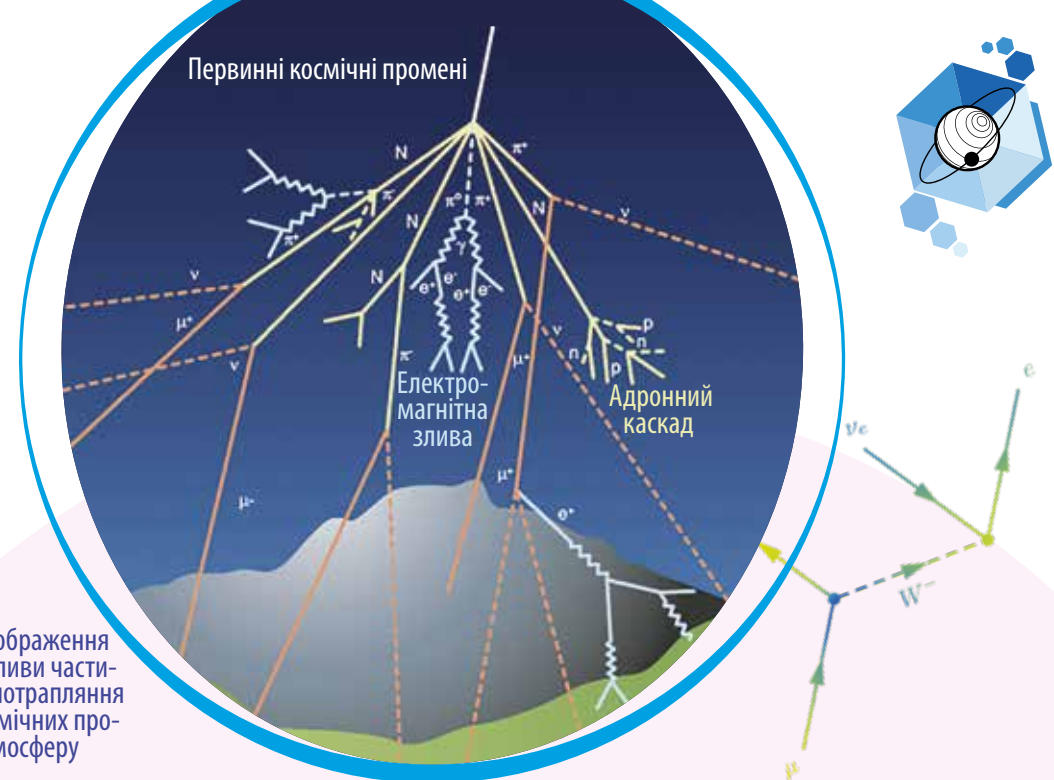
<sup>2</sup>Блазари – клас позагалактичних об'єктів, який об'єднує лацеририди і групу квазарів, яким властива високоамплітудна змінність блиску в оптичному діапазоні спектра.

<sup>3</sup>Джети – струмені плазми, що вириваються з центрів (ядер) таких астрономічних об'єктів, як нейтронні зорі, активні галактики, квазари й радіогалактики.

Проєкт DECO



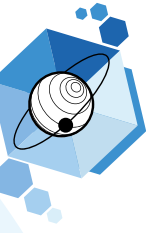
Distributed Electronic Cosmic-ray Observatory



Схематичне зображення атмосферної зливи частинок внаслідок потрапляння первинних космічних променів в атмосферу

Долетівши до Землі, космічні промені стикаються з її атмосферою, в якій породжують низку цікавих явищ, що можна спостерігати на поверхні нашої планети. Серед них є атмосферні зливи частинок. Суть цього явища полягає у взаємодії частинки з величезною енергією, яка прийшла з космосу, з ядрами атомів та молекулами Земної атмосфери. Така взаємодія породжує цілі потоки вторинних частинок з дещо меншими енергіями, що досягають Землі. Вторинні частинки народжуються на висоті кільканадцять кілометрів. Одними з найчастіших гостей зі стратосфери є **мюони**, які називають атмосферними мюонами. Незважаючи на те, що це вторинні частинки, їх енергії гігантські (від кількох сотень до кількох тисяч електрон-вольт). Це означає, що рухаються вони зі швидкостями, близькими до швидкості світла. Мюон – нестабільна частинка, і тільки ці величезні швидкості дають змогу нам спостерігати їх під відкритим небом на рівні моря.

Однак людське тіло не може відчувати, що крізь нього пролетіла надшвидка елементарна частинка, хоча щохвилини в середньому через кожного з вас, дорогі читачі, проходять приблизно 34 атмосферні мюони. Втім, хвилюватись немає причин – вони є частиною природного радіаційного фону на поверхні нашої планети, тож наші тіла зовсім спокійно сприймають це випромінювання. Натомість „відчувати” на собі проходження мюона можуть уже незамінні



Скріншот програми DECO

6:43 PM		
43.07515° Latitude	-89.40767° Longitude	
238.00m Altitude	293° Bearing	
Device Id: 00000000-7f71-62fb-f647-baf70033c587		
Status: Scanning		
Battery: 90% (32.0°C / 89.6°F) discharging		
RGB Noise: (99.99,99)		
Samples	Candidates	Events
2292781	310	142
Count	Count	Count
1.6 sec	---	---
Rate	Rate	Rate
Orientation: -3° / -5° / 293°		
Magnetic Field (μT): 29 / 7 / -51		

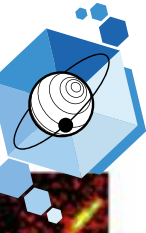
для нас компаньйони – наші смартфони! А саме ті, які обладнані цифровою фотокамерою. Річ у тім, що ключовий елемент цього пристрою – напівпровідникова ПЗЗ-матриця – реагує, коли крізь неї проходить мюон. Зазвичай, ПЗЗ-матриця подає сигнал, коли (завдяки фотоэффекту) фотони – кванти світла – генерують струм у напівпровідниковому елементі. Збираючи сигнали з таких елементів, матриця формує зображення, які робить смартфон. Однак, струм в елементі може викликати також і частинка, що пролітає крізь нього, навіть на великій швидкості. Таким чином, у багатьох з нас у кишені є мініатюрний детектор космічних частинок! Тож проєкт DECO націлений на використання доволі розповсюджених на сьогодні смартфонів із цифровими камерами саме з такою метою.

За аббревіатурою DECO ховається повна назва проєкту: **Distributed Electronic Cosmic ray Observatory**, що перекладається як розподілена електронна обсерваторія космічних променів. Вторинні атмосферні мюони, які вчені вловлюють на Землі, можуть дуже багато повідомити про Всесвіт, який і посилає до нас первинні космічні промені. Породжені різними космічними явищами, мюони несуть інформацію і про первинні частинки. Зазвичай, аби зловити елементарну частинку, потрібне складне обладнання, наприклад, бульбашкова камера чи гігантський бак з рідким сцинтилятором. Однак цей потік такий потужний, що для того, аби виявити частинку, достатньо і крихітної ПЗЗ-матриці смартфона, площа якої зазвичай менше ніж одна п'ята сантиметра квадратного, а товщина – кілька мікрометрів. Треба надійно закрити камеру від будь-яких джерел світла і трохи почекати. Уже через хвилину ти помітиш, що камеру телефона прошило наскрізь кілька космічних частинок.

Автори проєкту стверджують, що масове виявлення атмосферних мюонів по всій планеті на різних широтах, довготах і висотах дає змогу краще зрозуміти це явище. Тож вони покладаються на добровольців, що будуть вимірювати ці потоки в різних умовах і локаціях. І хоч площа однієї камери дуже маленька, зараз у світі вже понад мільярд смартфонів, а сумарна площа їхніх ПЗЗ-матриць дорівнює приблизно 1 гектар! Гадаємо, тобі теж буде цікаво побачити „відбиток” такого прибульця з космосу на зображенні, яке спродукує камера телефона. А це можна зробити за допомогою додатку, що є у вільному доступі. Для роботи потрібно встановити дві програми на свій телефон. Детальну інструкцію ти знайдеш на сайті проєкту. Ми ж лише нагадаємо, що сама камера має бути закрита від світла – наприклад достатньо товстою ізоляцією, або ж телефон повинен лежати на твердій рівній поверхні камерою вниз. Хоча бетон значно активніше поглинає мюони ніж атмосфера, адже він у тисячі разів густіший ніж повітря, потрібно дійсно товстий шар (кілька метрів), щоб помітно знизити потік, то ж загалом немає великого значення, де проводити вимірювання – вдома чи надворі.

Дослідження космічних променів приносить і задоволення, і користь для світової науки. Команда проєкту DECO навчить також класифікувати, які події зафіксувала камера, адже „завітати в гості” може не тільки мюон (камери телефонів також „бачать” електрони та гамма-промені). Дані з такої класифікації теж важливі для дослі-

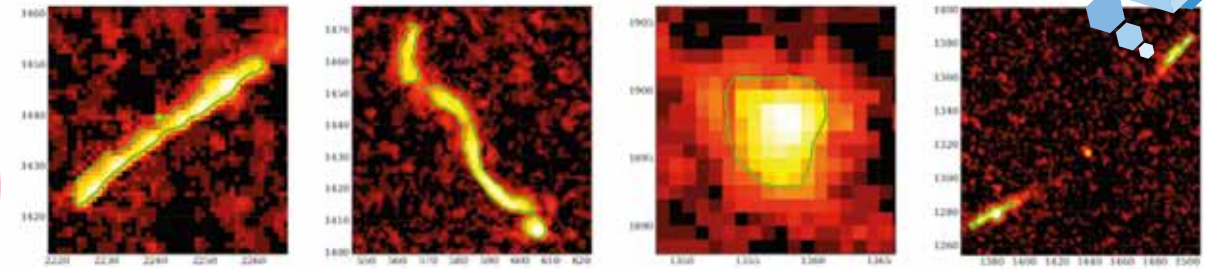




Карта світу з глобальною мережею користувачів DECO. Точки вказують місця збору даних і охоплюють 80 різних країн. Лінії точок даних, наприклад, в Антарктиді та на заході Америки, вказують на користувачів, які використовують DECO на рейсах літаків.

джен. Справжні дослідники можуть перевірити, у скільки разів відрізняються потоки частинок на землі, високо в горах на висоті кількох кілометрів та, скажімо, під час польоту в пасажирському авіалайнері (що зазвичай літають на висоті 10–11 кілометрів над рівнем моря). Таке дослідження наочно покаже ту силу, з якою атмосфера Землі захищає нашу планету від космічної радіації.

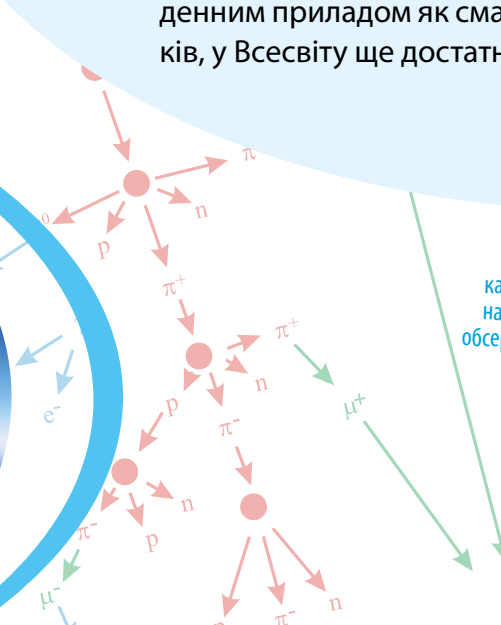
Проєкт DECO був запущений у тестовому режимі ще в 2011 році, а в 2014-му вийшла публічна версія застосунку. Із цього часу тися-



Різні типи подій, які може зафіксувати камера смартфона. Зліва направо: атмосферний мюон, електрон народжений у радіоактивному розпаді, гамма-частинка або швидкий електрон, кілька подій на кадрі.

чі добровольців зі всієї планети „зловили” своїми телефонами десятки тисяч подій-частинок. На основі досліджень, зроблених добровольцями, вчені вже написали кілька важливих наукових робіт та дійшли до цікавих результатів. До прикладу, такі спостереження можуть глобально відслідковувати фон космічних частинок та допоможуть знайти чи підтвердити ефекти в розподілі цих частинок за напрямком руху. Команда проєкту переконує, що цінує кожну додаткову хвилину спостережень. Маючи достатньо даних, команда створить алгоритм, що автоматично визначатиме тип події (космічної частинки), відбиток якої робить камера.

Досліджувати Всесвіт сьогодні можна навіть уже таким буденним приладом як смартфон. Тож долучайтесь до дослідників, у Всесвіті ще достатньо таємниць для нас!



**Максим Ціж,** астрофізик, кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник Астрономічної обсерваторії Львівського національного університету ім. І. Франка