



### КРЯЧКО

**Іван Павлович** —  
в.о. завідувача лабораторії  
методологічного  
та інформаційного забезпечення  
освіти і науки астрономічної  
(МІЗОН-А) Головної  
астрономічної обсерваторії  
НАН України

## МИСЛИВЦІ ЗА ЕКЗОПЛАНЕТАМИ

### Нобелівська премія з фізики 2019 року

8 жовтня було оголошено імена лауреатів Нобелівської премії з фізики 2019 р. Половина премії дісталася канадсько-американському вченому Джеймсу Піблсу (James Peebles), «за теоретичні відкриття у фізичній космології», другу половину розділили між собою швейцарські астрофізики Мішель Майор (Michel Mayor) і Дідьє Кело (Didier Queloz) «за відкриття екзопланети, що обертається навколо сонцеподібної зірки». Нобелівський комітет при Королівській шведській академії наук зазначив, що «відкриття цих учених є революційними для астрономії». Статтю присвячено другій, «спостережній» частині премії — відкриттю екзопланети 51 Pezasa b.

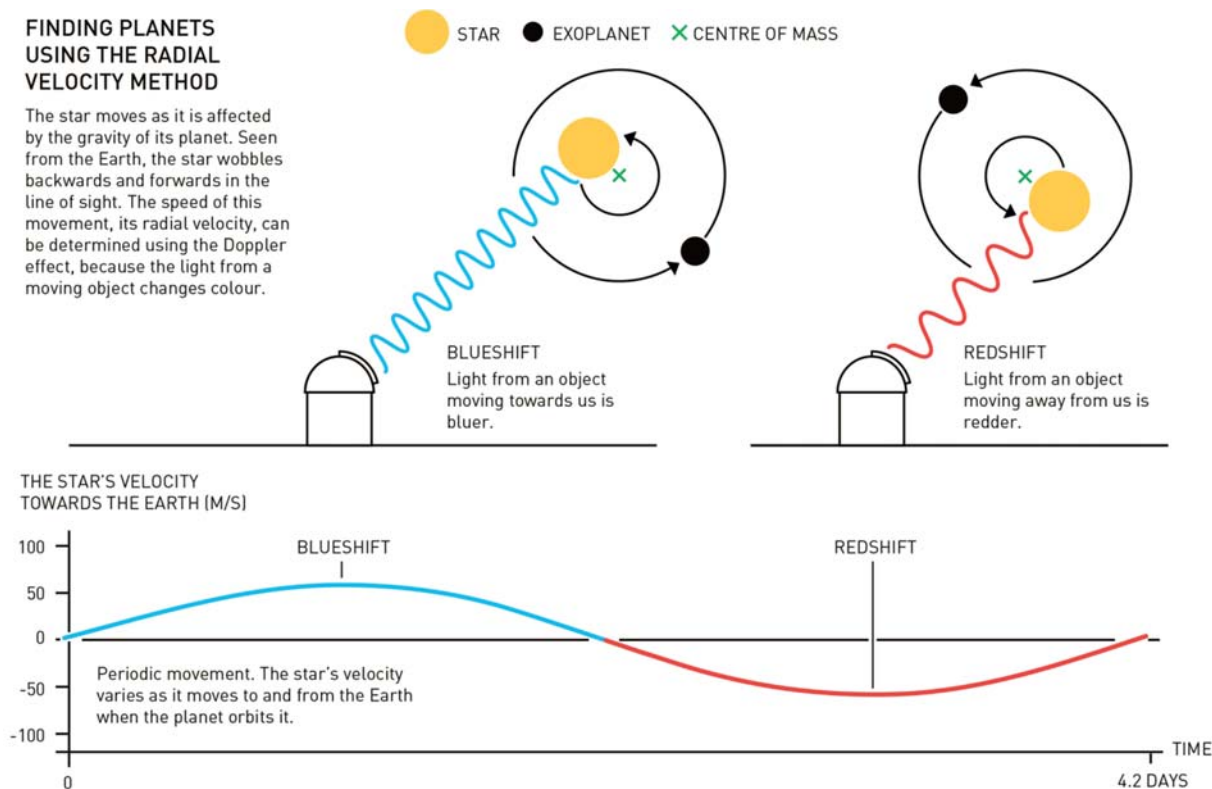
Лауреатами Нобелівської премії з фізики 2019 р., як відомо, стали троє науковців — канадський космолог Джеймс Піблс (James Peebles) та швейцарські астрономи Мішель Майор (Michel Mayor) і Дідьє Кело (Didier Queloz). Джеймс Піблс отримав премію за теоретичні відкриття, що сприяли нашому розумінню того, як Всесвіт розвивався після Великого вибуху, а Мішель Майор і Дідьє Кело — за відкриття у 1995 р. першої планети в нашій галактиці поза Сонячною системою, що обертається навколо зорі, подібної до Сонця. Віддаючи належну повагу Джеймсу Піблсу, в цій статті ми з'ясуємо докладніше, за що саме швейцарським астрономам присуджено цю найпрестижнішу нагороду.

Упродовж кількох століть астрономи вели розмови про можливість існування біля інших зір, себто не Сонця, планет (в астрономії їх називають екзопланетами). Однак ці міркування не були підтвержені спостереженнями, хоча повідомлення про такі відкриття траплялися вже в XIX ст. Побачити планету біля якоїсь із зір прямо, дивлячись у телескоп, як це сталося у випадку відкриття В. Гершелем у 1781 р. Урану, не вдалося аж до нашого часу через недостатню для цього роздільну здатність приладів.

Непрямі методи, один з яких, наприклад, дав змогу відкрити в 1846 р. Нептун, також не «спрацьовували», оскільки чутливість приймачів не відповідала потрібним вимогам.

## FINDING PLANETS USING THE RADIAL VELOCITY METHOD

The star moves as it is affected by the gravity of its planet. Seen from the Earth, the star wobbles backwards and forwards in the line of sight. The speed of this movement, its radial velocity, can be determined using the Doppler effect, because the light from a moving object changes colour.



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Коливання променевої швидкості зорі, спричинені впливом екзопланети.  
 З сайту nobelprize.org

Коротко скажемо про метод променевих швидкостей, який урешті-решт дав змогу знайти першу екзопланету. В його основі лежить відомий зі шкільної фізики ефект Доплера. Якщо біля зорі є невидимий супутник, така пара обертається навколо спільного центра мас. Внаслідок гравітаційної взаємодії супутник впливає на рух зорі. Це помітно по тому, як зоря, що лежить на промені зору спостерігача, періодично наближається і віддаляється від нього. Такі коливання променевої швидкості зорі можна виявити з її спектра: коли зоря наближається до спостерігача, спектральні лінії зміщуються в синю ділянку спектра, коли віддаляється — в червону (див. рис.).

Слід зауважити, що амплітуда коливань швидкості залежить від орієнтації площини орбіти планети: якщо площина перпендику-

лярна до променя зору, спостерігач нічого не виявить.

Променеві швидкості зір, супутниками яких є екзопланети, відносно невеликі (кілька десятків метрів на секунду й менші), а тому потрібної точності вимірювань астрономи досягли тільки наприкінці ХХ ст., подолавши багато технічних проблем для створення чутливих спектрометрів. Лише після цього можна було сподіватися на успіх у пошуку екзопланет.

У 1988 р. канадські астрономи Брюс Кемпбелл (Bruce Campbell), Гордон Волкер (Gordon A.H. Walker), і Стефенсон Янг (Stephenson Yang) оголосили про ймовірність існування планети біля зорі  $\gamma$  Цефея [1]. Однак, оскільки спостережні дані були на межі чутливості методу, науковці не були впевнені в тому, що

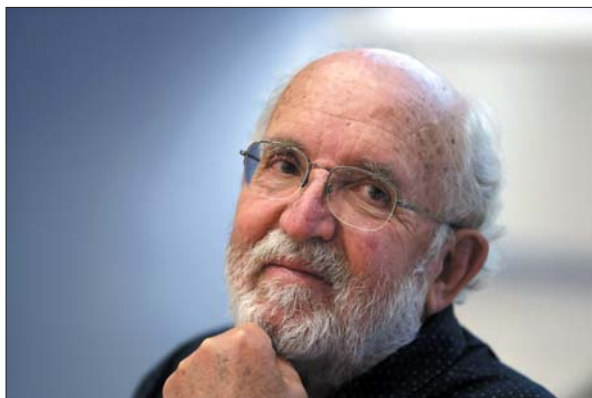


Фото: Manu Fernandez/AP

**Мішель Майор** (*Michel Gustave Édouard Mayor*) — швейцарський астрофізик, народився 12 січня 1942 р. в м. Лозанна. У 1966 р. здобув ступінь магістра з фізики в Університеті Лозанни (*University of Lausanne*), в 1971 р. захистив дисертацію PhD в галузі астрономії в Женевському університеті (*University of Geneva*). Відтоді працював у Женевській обсерваторії при цьому університеті, спочатку науковим співробітником, доцентом, у 1988 р. став професором Женевського університету, у 1998–2004 рр. був директором обсерваторії. Упродовж кар'єри брав участь у дослідницьких проєктах в Інституті астрономії Кембриджського університету (*University of Cambridge Institute of Astronomy*), Інституті астрономії Гавайського університету (*Institute for Astronomy of the University of Hawaii*), творчу відпустку провів у Європейській південній обсерваторії (*European Southern Observatory, ESO*) в Чилі. У 2007 р. офіційно вийшов на пенсію, але продовжує займатися дослідженнями в Женевській обсерваторії. Зараз є почесним професором Женевського університету.

У різні роки очолював науково-технічну раду в Європейській південній обсерваторії, Швейцарське товариство астрофізики і астрономії, комісії Міжнародного астрономічного союзу зі структури та динаміки галактичної системи і з екзопланет. Член Європейської академії наук (2004), почесний член Лондонського королівського астрономічного товариства (2008), іноземний член Французької академії наук (2003), Національної академії наук США (2010), Американської академії мистецтв і наук (2010).

Має численні нагороди, серед яких: премія Жуля Жансена (*Prix Jules Janssen*) Французького астрономічного товариства (1998); міжнародна премія Бальцана (*Balzan Prize*) (2000); медаль Альберта Ейнштейна (*Albert Einstein Medal*) швейцарського Товариства Альберта Ейнштейна (2004); премія Шао (*Shaw Prize*) (Гонконг) (2005); премія Фонду BBVA Вищої ради з наукових досліджень (Іспанія) (2011); японська премія Кіото (*Kyoto Prize*) (2015); Золота медаль Лондонського королівського астрономічного товариства (2015); премія Вольфа з фізики (*Wolf Prize in Physics*) (2017).

вони відкрили саме екзопланету, а не зареєстрували активність зорі. (Існування цієї екзопланети надійно було підтверджено лише в 2003 р. [2]).

Про відкриття першої в історії астрономії екзопланети в 1992 р. оголосили Александер Вольщан (*Aleksander Wolszczan*) і Дейл Фрейл (*Dale A. Frail*) за результатами спостережень, виконаних у 1990 р. на радіотелескопі обсерваторії Аресибо [3, 4]. Ця екзопланета обертається навколо пульсара — нейтронної зорі, що лежить на відстані 2300 світлових років від Землі в напрямку сузір'я Діви. Оскільки пульсари, скажімо так, специфічні зорі (життя на планеті біля такої зорі малоімовірне), то відкриття поблизу одного з них планети не викликало особливого зацікавлення ані в науковому світі, ані серед широких кіл громадськості. Інша справа — планети біля зір, подібних до Сонця.

Дуже близько до відкриття першої екзопланети біля звичайної, тобто сонцеподібної, зорі підійшли американські науковці Джеффри Марсі (*Geoffrey Marcy*) та Пол Батлер (*Paul Butler*), які вели цілеспрямований пошук таких планет. У 1999 р. вони оприлюднили результати вимірювань променевої швидкості зорі 16 Лебеда [5, 6]. Зміни були хоча й періодичними, але зовсім несхожими на синусоїдальні, яких, на думку дослідників, слід було очікувати, якщо навколо зорі обертається планета. Ця особливість, а також, можливо, і той факт, про який Джеффри Марсі пізніше зізнався в одному з інтерв'ю: «...Відкриттів ми й не очікували. Шанси виявити хоч одну позасонячну планету тоді здавалися такими ефемерними, що важко було сподіватися на успіх. Ми просто робили те, що інші астрономи вважали безглуздим марнуванням часу», завадила науковцям виконати докладніші спостереження.

Наприкінці 1993 р. Мішель Майор, тоді професор Женевського університету, та його аспірант Дідьє Кело розпочали систематичні вимірювання радіальних швидкостей у півтори сотні зір, подібних до Сонця. Для цього вони використовували спектрометр високої

роздільної здатності, який незадовго до того встановили на 193-сантиметровому телескопі обсерваторії Верхнього Провансу. Мішель Майор брав участь у розробленні цього інструмента.

Менше ніж через рік, восени 1994 р., науковці виявили, що зоря 51 Пегаса, одна з тих, які вони спостерігали, демонструє коливання радіальної швидкості з амплітудою 60 м/с і періодом 4,2 земної доби. Аналіз спостережних даних здивував дослідників — усе вказувало на те, що навколо зорі на малій відстані від неї обертається екзопланета (її позначають 51 Пегаса b) з масою трохи меншою, ніж половина маси Юпітера. Така картина не відповідала загальноприйнятій теорії формування Сонячної системи, яка стверджує, що газові планети-гіганти мають формуватися на більшій відстані від зорі, ніж землеподібні, тобто планети з твердими поверхнями. Однак буквально через два тижні відкриття швейцарських астрономів підтвердили їхні колеги Джеффрі Марсі та Пол Батлер. Цікаво, що зоря 51 Пегаса не була серед тих, які розглядали американські дослідники, оскільки в каталозі вона була позначена як змінна, а тому вони не взяли її до уваги.

Хай там як, але зрештою Мішель Майор і Дідьє Кело зважилися на оприлюднення отриманого результату. 23 листопада 1995 р. журнал «Nature» опублікував їх статтю [7], з якої світ дізнався про відкриття планети, що обертається навколо зорі, подібної до Сонця.

Отже, Мішель Майор і Дідьє Кело здійснили давню мрію астрономів знайти планети за межами Сонячної системи біля подібних до Сонця зір. Однак їхнє відкриття набагато більш значуще принаймні ще з двох причин: по-перше, астрономи отримали змогу вивчати планети та планетні системи в нашій галактиці і порівнювати їх із Сонячною системою, що допоможе краще зрозуміти її утворення та еволюцію, а по-друге, відкрито шлях до пошуків планет, придатних для життя.

Очевидно, на цьому шляху науку чекає ще багато важливих знахідок!



Фото: Isabel Infantes/AFP via Getty Images

**Дідьє Кело** (*Didier Queloz*) — швейцарський астроном, народився 23 лютого 1966 р. в м. Женева. Навчався у Женевському університеті (*University of Geneva*), де в 1990 р. здобув ступінь магістра з фізики, в 1992 р. закінчив аспірантуру за спеціальністю «астрономія та астрофізика», в 1995 р. захистив дисертацію PhD в цій галузі в Женевському університеті. Його науковим керівником був Мішель Майор (*Michel Mayor*).

У 1994 р. в обсерваторії Верхнього Провансу у Франції як аспірант професора Мішеля Майора розпочав спостереження 142 зір з використанням нового тоді спектрографа ELODIE, який забезпечував підвищену точність вимірювання радіальних швидкостей до 15 м/с. Це давало можливість точніше визначати характеристики зоряних об'єктів. Спостереження за зорею 51 Пегаса астрономи почали у вересні 1994 р., а вже у січні 1995 р. виявили планету, 51 Pegasus b з масою близько половини маси Юпітера і періодом 4,23 дні. Надалі брав участь у серії успішних розробок точних спектрографів, значно поліпшивши точність доплерівської техніки.

У 1997–1999 рр. як запрошений учений працював у Лабораторії реактивного руху (*Jet Propulsion Laboratory*) — науково-дослідному центрі НАСА (штат Каліфорнія, США).

У 2000 р. обійняв посаду наукового співробітника у Женевській обсерваторії, а в 2008 р. став професором Женевського університету.

З 2007 р. співпрацював з командою WASP (*Wide Angle Search for Planets*) з виявлення планетного транзиту, брав також активну участь у космічній місії CoRoT (*Convection, Rotation and planetary Transits*) яка стала піонером з виявлення екзопланет з космосу.

У 2013 р. паралельно з роботою в Женевському університеті став професором Кембриджського університету (Велика Британія), де очолює комплексну наукову програму і дослідницький центр з вивчення екзопланет.

Дідьє Кело — лауреат премії Фонду BBVA Вищої ради з наукових досліджень (Іспанія) (2011) та премії Вольфа з фізики (*Wolf Prize in Physics*) (2017).



## REFERENCES

1. Campbell B., Walker G.A.H., Yang S. A search for substellar companions to solar-type stars. *Astrophysical Journal*. 1988. **331**: 902. DOI: <https://doi.org/10.1086/166608>
2. Hatzes A.P., Cochran W.D., Endl M., McArthur B., Paulson D.B., Walker G.A.H., Campbell B., Yang S. A planetary companion to  $\gamma$  Cephei A. *Astrophysical Journal*. 2003. **599** (2): 1383. DOI: <https://doi.org/10.1086/379281>
3. Wolszczan A., Frail D.A. A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12. *Nature*. 1992. **355**: 145. DOI: <https://doi.org/10.1038/355145a0>
4. Wolszczan A. Confirmation of Earth-Mass Planets Orbiting the Millisecond Pulsar PSR B1257 + 12. *Science*. 1994. **264** (5158): 538. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.264.5158.538>
5. Cochran W.D., Hatzes A.P., Butler R.P., Marcy G.W. The Discovery of a Planetary Companion to 16 Cygni B. *Astrophysical Journal*. 1997. **483**(1): 457. DOI: <https://doi.org/10.1086/304245>
6. Hauser H.M., Marcy G.W. The orbit of 16 Cygni AB. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 1999. **111**(757): 321. DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/316328>
7. Mayor M., Queloz D. A Jupiter-mass companion to a solar-type star. *Nature*. 1995. **378**: 355. <https://doi.org/10.1038/378355a0>

*I.P. Kryachko*

Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

## EXOPLANET HUNTERS

## 2019 Nobel Prize in Physics

On October 8, the names of the 2019 Nobel Prize winners were announced. Half of the award went to Canadian-American scientist James Peebles “for theoretical discoveries in physical cosmology,” the other half was shared by Swiss astrophysicist Michel Mayor and Didier Queloz “for the discovery of exoplanet orbiting a solar-type star.” The Nobel Committee at the Royal Swedish Academy of Sciences stated that “the discoveries of these scientists are revolutionary for astronomy.” The article is devoted to the second, “observational” part of the prize — the discovery of the exoplanet 51 Pegasi b.