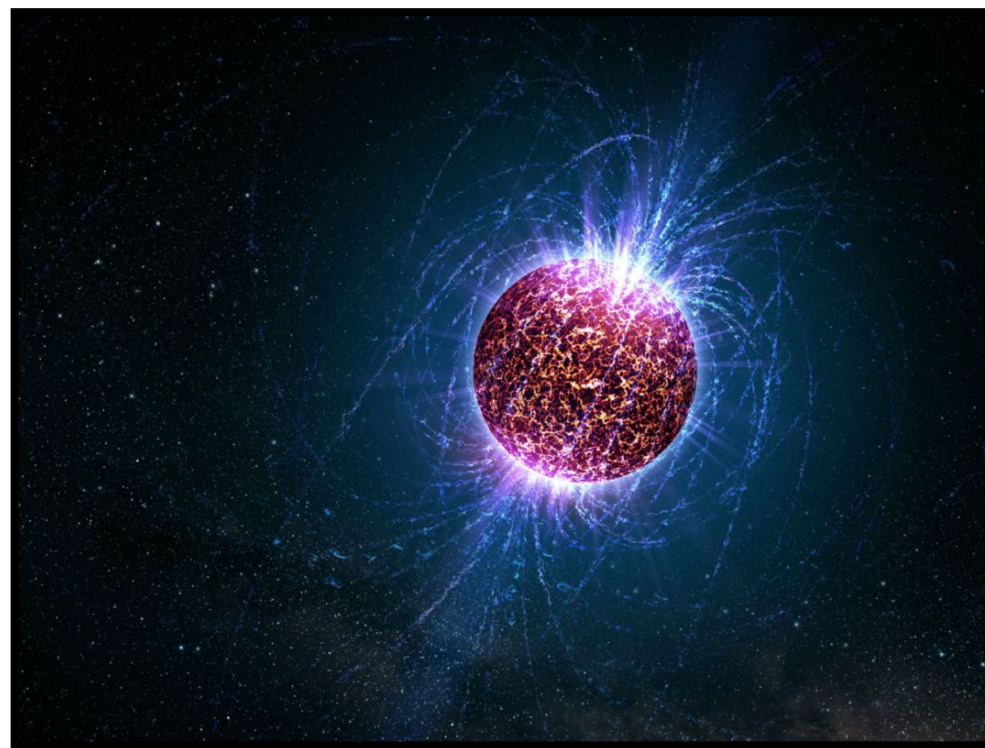


Пульсари та нейтронні зорі

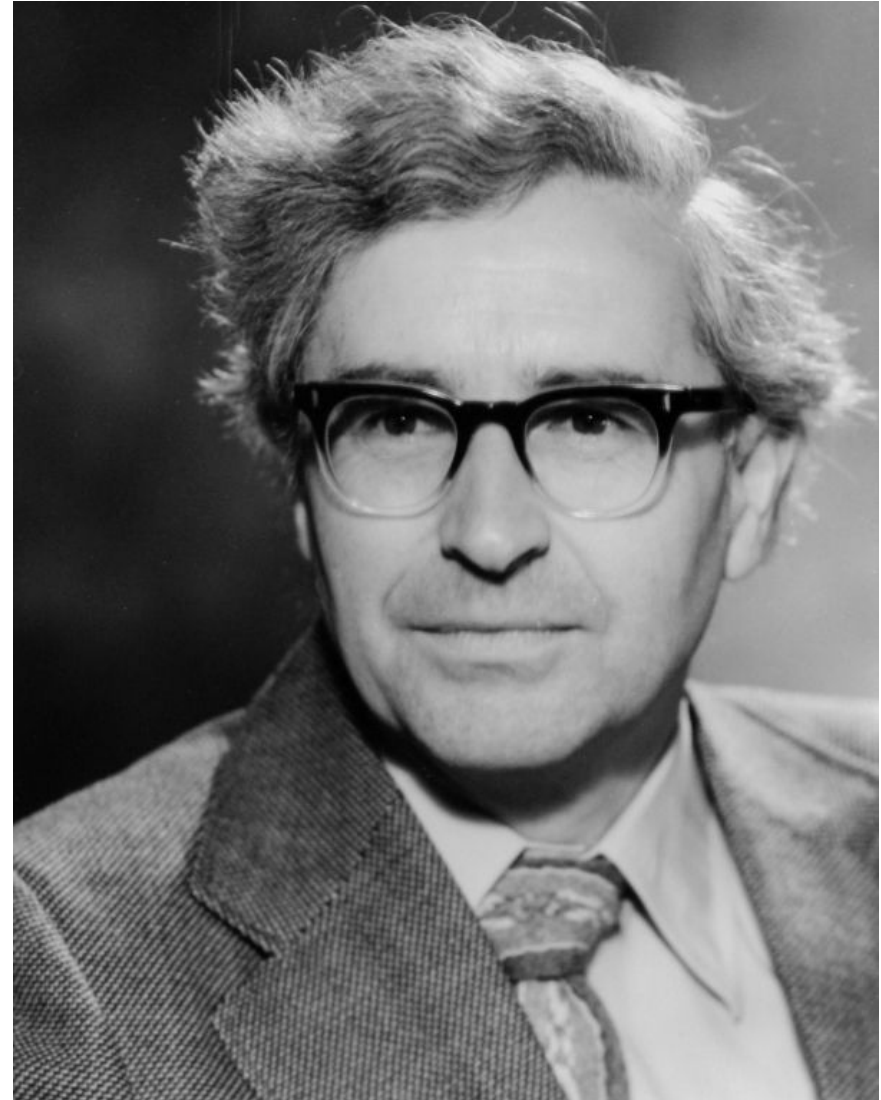
Виконали учениці 11-Б класу
Луцащенко Анна, Бабенко Олена

Визначення поняття “пульсар”

- Пульсар — космічне джерело електромагнітного випромінювання, що реєструється на Землі у вигляді імпульсів — сплесків, які періодично повторюються.
- Джерелом імпульсів вважається нейтронна зоря з потужним магнітним полем, яка обертається і має вузькоспрямоване випромінювання.



- Перший пульсар відкрили Джоселін Белл і Ентоні Х'юїш 1967 року.

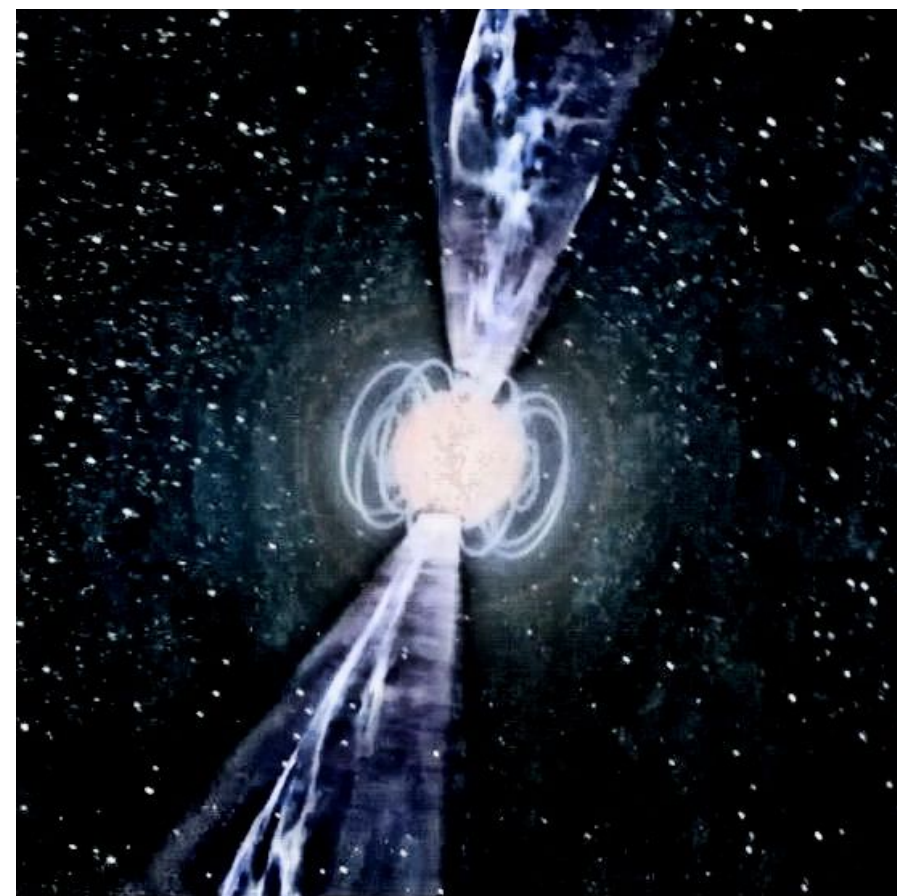


- В наш час відомо понад 1000 пульсарів . Радіопульсар є кінцевою стадією еволюції одиночної масивної зорі. Нейтронна зоря утворюється в результаті вибуху Наднової. Вибух є асиметричним, тому швидкості радіопульсарів часто перевищують 300 км/с. З часом період радіопульсара збільшується, а потужність випромінювання спадає. Навколо багатьох радіопульсарів спостерігаються газові оболонки, сформовані пульсарним вітром — плеріони.



Рентгенівські пульсари

- У 1967 був відкритий перший рентгенівський пульсар — Кентавр Х-3. Більшість рентгенівських пульсарів входять до складу тісних подвійних систем і мають акреційні диски. Відомі також одиночні рентгенівські пульсари — магнетари. Вони мають магнітне поле в 1000 разів більше, ніж у звичайних нейтронних зір.



Пульсарні відскакування

- Пульсарне відскакування (pulsar kick) — спостережний феномен, суть якого полягає в тому, що нейтронні зорі — залишки наднових — рухаються з надмірно великими швидкостями. Багато радіопульсарів можуть розганятись до швидкості близько 30-40 км/с, 200-500 км/с, а у деяких випадках сягають 2000 км/с. Наприклад, зоря B1508+55 має швидкість 1100 км/с та траєкторію, спрямовану назовні Галактики. Зразок пульсарного відскакування можна спостерігати в туманності Гітара, де ударна хвиля, генерована пульсаром, рухається відносно туманності — залишку наднової — зі швидкістю 800 км/с.

Гіпотези

- Існує дві основних гіпотези виникнення таких великих швидкостей. Згідно з однією з них вони з'являються при розпаді подвійних систем (ефект Блаау). Якщо вибух у подвійній системі відбувається миттєво, швидкість, яку набувають зорі, що розлітаються, повністю визначається за їх початковими та кінцевими масами, періодами обертання та ексцентриситетом. Один з головних наслідків цієї теорії — нейтронна зоря, що швидко рухається, має бути старою. Якщо досліджуваний радіопульсар має теплове рентгенівське випромінювання, що пов'язане з охолодженням пульсара і свідчить про його «молодість», механізм Блаау для цієї зорі можна відкинути.

Гіпотеза Шкловського

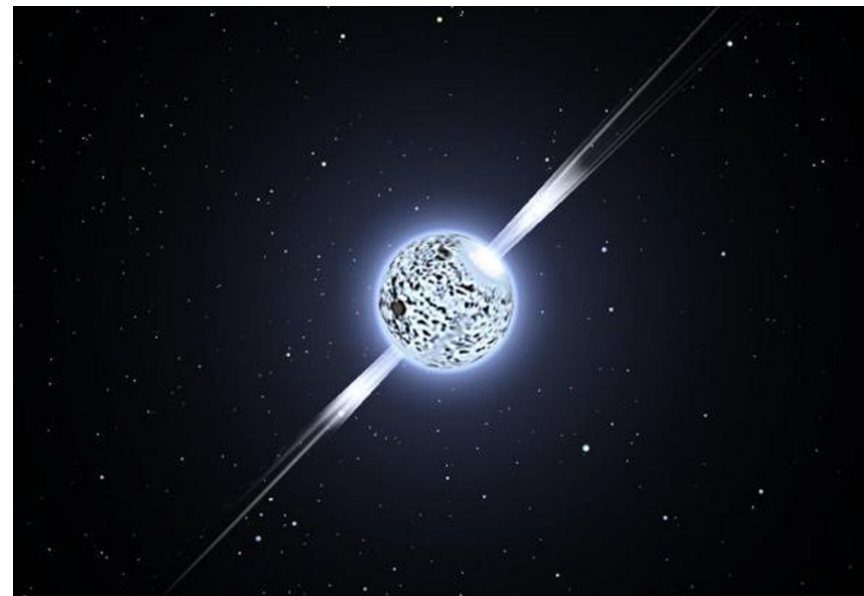
- За гіпотезою Шкловського пульсарні відскакування виникають внаслідок асиметрії у вибуху наднової. Якщо припустити, що під час колапсу частина енергії виділяється анізотропно, то із закону збереження імпульсу можна вирахувати, що швидкості можуть сягати 3000 км/с. Існують різноманітні гіпотези щодо причин такої асиметрії. Чугай (1984) помітив, що в сильному магнітному полі нейтронної зорі, що формується, має проявлятися ефект несиметричного випромінювання нейтрино. Детальні розрахунки показують, що навіть у надсильних магнітних полях за рахунок цього ефекту неможливо досягнути швидкостей понад 100 км/с. Тим не менше в останні роки інтенсивно розвиваються моделі несиметричного випромінювання нейтрино. В моделі Кусенко пульсарне відскакування обумовлене випромінюванням стерильного нейтрино, що є одним із кандидатів у темну матерію.

Механізм Липунова

- Другий можливий механізм, запропонований Липуновим (1983) — припливне спотворення зорі, що колапсує. Але цей ефект може бути суттєвим лише у маломасивних подвійних системах з білими карликами. За оцінками такий механізм може давати швидкості до кількох тисяч кілометрів за секунду. Також як можливий механізм розглядається несиметричній підпал речовини білого карлика внаслідок спотворення його форми.

Магнітосфера пульсара

- Магнітосфера пульсара складається з електронно-позитронної плазми, яка рухається в магнітному полі нейтронної зорі. Зовнішня границя магнітосфери — світловий циліндр, на якому лінійна швидкість обертального руху плазми досягає швидкості світла. Розмір магнітосфери пульсара має порядок розміру Землі — десятки тисяч кілометрів.



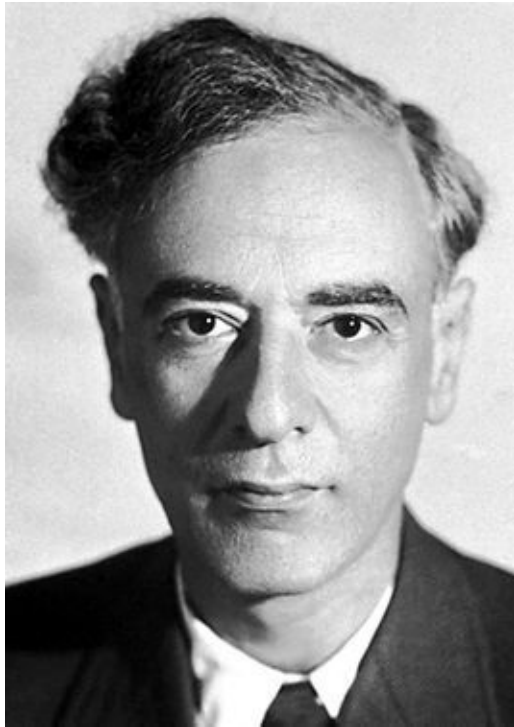
Визначення поняття “нейтронна зоря”

- Нейтронна зоря — зоря на завершальному етапі своєї еволюції, що не має внутрішніх джерел енергії та складається переважно з нейтронів, які перебувають у стані виродженого фермі-газу, із невеликою домішкою інших частинок.

Її густина, згідно з сучасними астрофізичними теоріями, сумірна з густиною атомного ядра.



Нейтронні зорі спочатку було теоретично передбачено, а потім уже відкрито експериментально. 1932 року Ландау припустив існування надщільних зір, рівновага яких підтримується ядерними силами. А 1934 року астрономи Вальтер Бааде й Фріц Цвіккі назвали їх нейтронними зорями й пов'язали з вибухами наднових. Перше загальновизнане спостереження нейтронної зорі відбулося 1968 року, коли були відкрито пульсари.



Лев Ландау



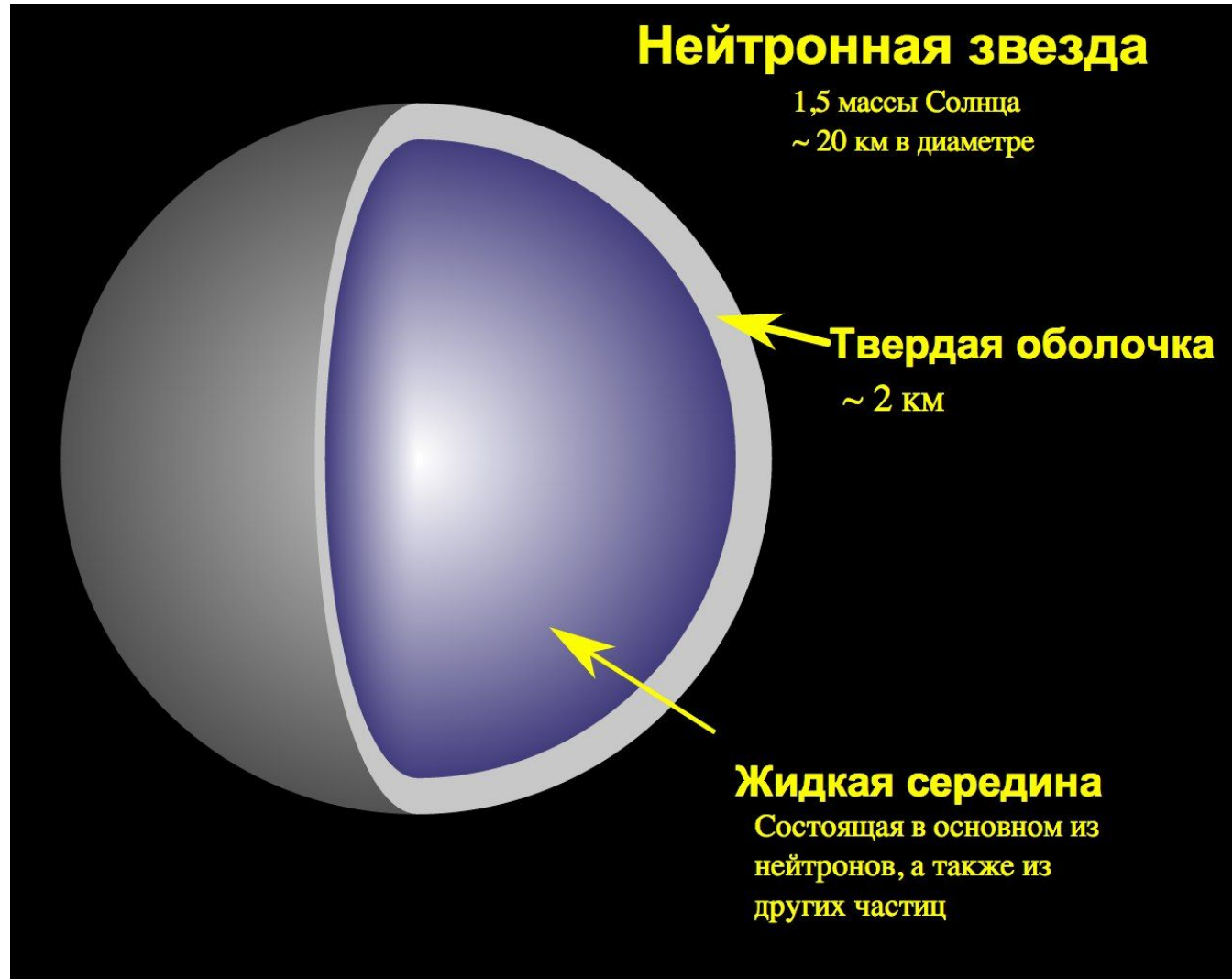
Вальтер Бааде



Фріц Цвіккі

Будова нейтронних зір

- Радіус нейтронної зорі становить близько 10-20 км, він зменшується зі збільшенням її маси. Унаслідок збереження моменту кількості руху під час гравітаційного стиснення нейтронна зоря дуже швидко обертається: період обертання становить секунди або навіть частки секунди.
- Вважається, що нейтронні зорі мають тверду зовнішню кору, що складається переважно з заліза (із домішками інших елементів). Товщина кори становить близько десятої частки радіусу. Під зовнішньою корою є внутрішня. Ще глибше розташована вироджена нейтронна рідина (із невеликою домішкою протонів та електронів). У центрі густина може перевищувати ядерну. Стан речовини всередині нейтронних зір достеменно невідомий, оскільки в земних умовах його поки що неможливо відтворити.



Спостереження

- Нейтронна зоря має дуже низьку світність (внаслідок невеликого розміру). Безпосередньо спостерігати саму нейтронну зорю важко. Спостереження ведуть опосередковано, через ті ефекти, які спричинюють особливості нейтронної зорі.
- Також поодинокі нейтронні зірки можуть бути виявлені завдяки явищу гравітаційного фокусування (при проходженні нейтронної зірки між звичайною зорею і спостерігачем відбувається візуальне збільшення яскравості зорі, оскільки гравітаційне поле нейтронної зірки викривлює рух світла).

Відмінність пульсара і нейтронної зорі

Сучасні теоретичні розрахунки показують, що пульсари і нейтронні зорі – це одні й ті самі об'єкти. Внаслідок стиснення нейтронної зорі має виконуватися закон збереження моменту імпульсу.