



Università
degli Studi
di Ferrara

IFAE
2023
Catania

NEUMATT
NEUtron star MATter Theory

Strangelets come materia oscura

Impatto sull'evoluzione stellare

Francesco Di Clemente

13 Aprile 2023 – IFAE Catania

Materia Oscura

Macros
↓
Strangelets

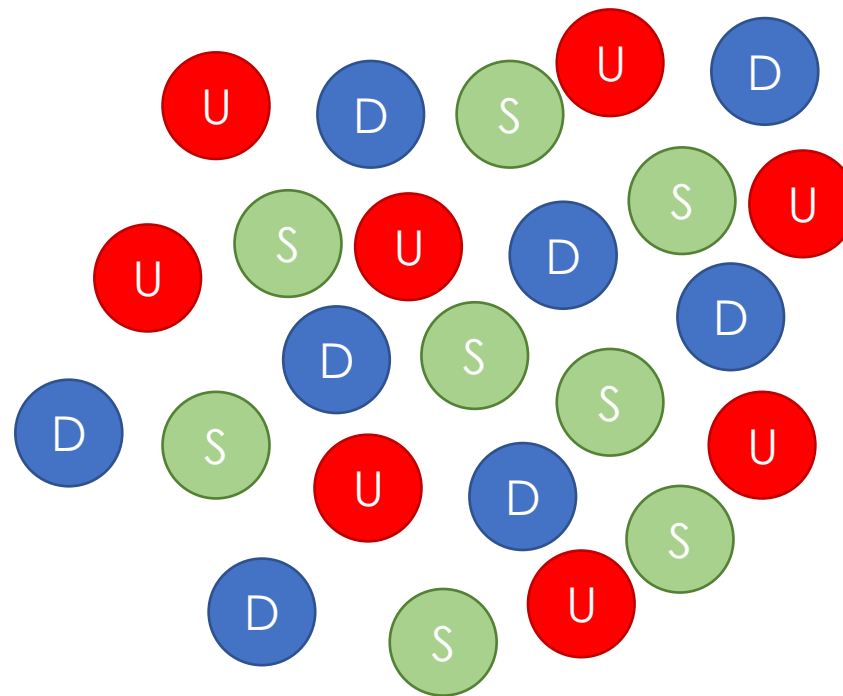


Gianfranco Bertone , Tim, M.P. Tait, Nature 562 (2018) 7725, 51-56

Ipotesi di Bodmer-Witten

- Materia “in bulk” **uds** è proposta come stato fondamentale della materia
- Energia per barione minore di quella del ferro ($\sim 930 \text{ MeV}/\text{fm}^3$)
- Apre alla possibilità dell'esistenza delle **stelle strane** (e conseguenti scenari astrofisici) e della materia strana come **materia oscura** (Witten (1984))

Difficilmente la materia **adronica** decade in **materia strana** poiché servirebbe un grande contenuto di stranezza \rightarrow può avvenire nelle stelle di neutroni con core con iperoni.



Formazione degli strangelets cosmologici

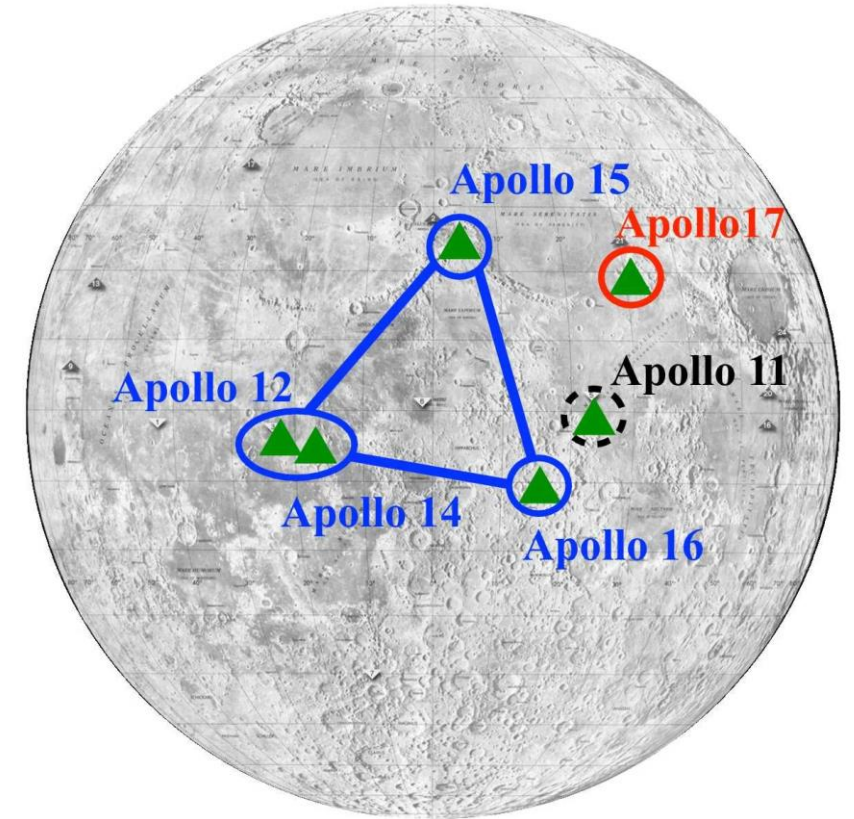
- Materia in bulk **uds** si forma a 150 MeV ($\sim 10^{-6}$ s dopo il Big Bang)
- A causa della temperatura elevata la superficie degli strangelets evapora in adroni (*Madsen et al. (1986)*, *Farhi and Alcock (1985)*) fino a una temperatura di circa 10 MeV
- Gli strangelets hanno un rapporto **massa/superficie** molto elevato rispetto alla materia ordinaria
- È possibile regolare due parametri della distribuzione pre-evaporazione e un parametro fenomenologico nell'equazione che regola l'evaporazione

$$\frac{dA}{dT_U} = \frac{2k A(T_U)^{2/3} \beta(T_U^4 p(T_U, A(T_U)) - T_s(T_U, A(T_U))^4 p(T_s(T_U, A(T_U)), A(T_U)))}{T_U^3 (2T_s(T_U, A(T_U)) + 1)}$$

Limiti osservativi e spazio dei parametri

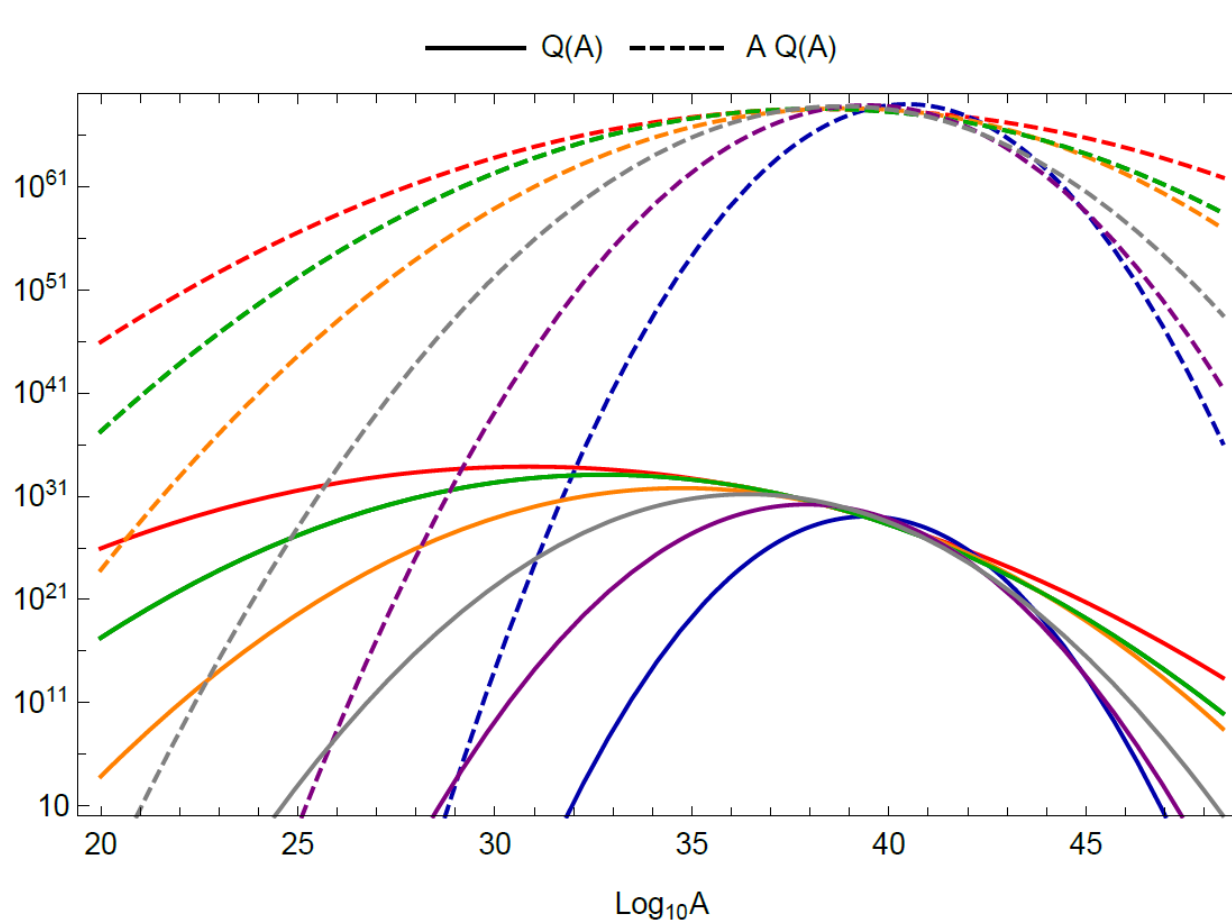
La distribuzione finale deve rispettare dei limiti abbastanza stringenti:

- Conversione proto-NS in SQS (*Bucciantini et al. (2022)*)
- Femtolensing e supernovae (*Sidhu and Starkman (2020)*, *Burdin et al. (2015)*)
- Limiti sismografi lunari sul flusso, stringenti su strangelets di massa piccola (*Burdin et al. (2015)*)



Nunn et al. Space Science Reviews volume 216, 89 (2020)

Caratteristiche strangelets



Queste possibili distribuzioni in dimensione $Q(A)$ e in massa $A Q(A)$ sono normalizzate alle stime di massa della materia nella Via Lattea.

Impatto sull'evoluzione stellare

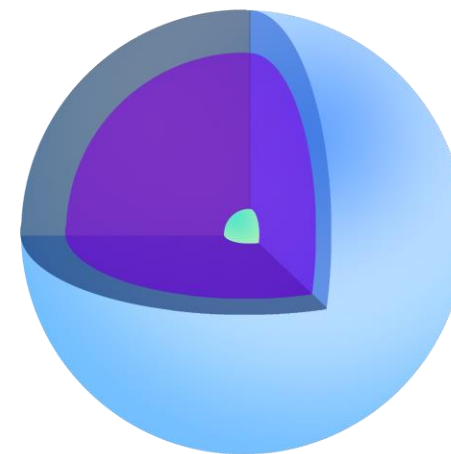
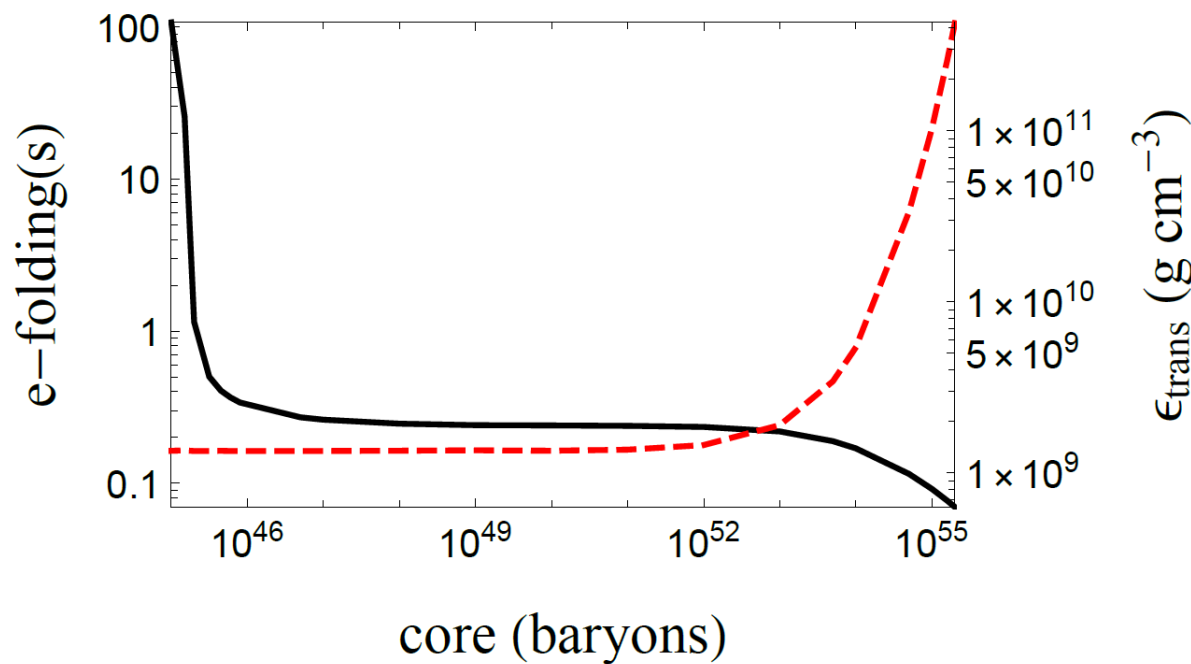
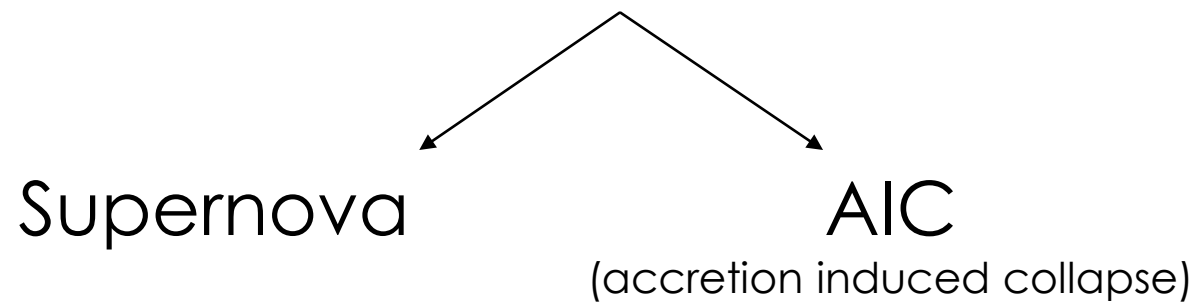
Oggetti stellari possono acquisire nel corso della loro vita degli strangelets a due condizioni (Madsen (1986)):

- Devono essere costituiti da una porzione di materia **abbastanza densa** da poter fermare uno strangelet
- La porzione densa deve “vivere” abbastanza a lungo così da aumentare **l'esposizione** a questi oggetti

Condizione bonus: **posizione nella galassia**. La probabilità di cattura dipende dal flusso locale della materia oscura (e gli strangelet sono molto densi).

Da Nane Bianche a Nane Strane

Nana bianca in accrescimento in un sistema binario

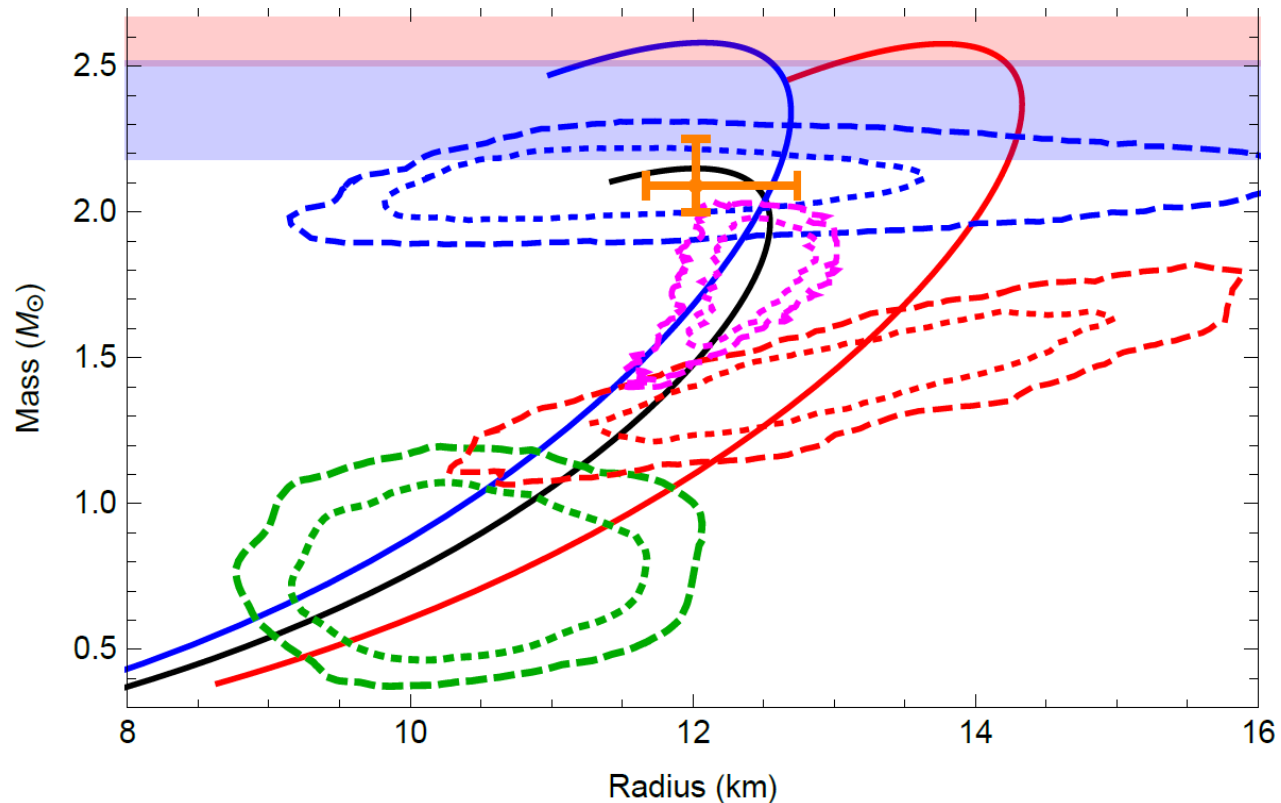


AIC



Possibile stella strana
di massa subsolare

Hess J1731-347



Le nane strane non rappresentano l'unica strada per produrre **oggetti compatti di massa subsolare**.

È possibile generare una stella di neutroni di massa bassa ma *non subsolare* mediante **electron-capture** supernova.

Se il nucleo della stella progenitrice, una volta abbastanza denso e nel periodo precedente la supernova, dovesse catturare uno strangelet, si potrebbe formare una **stella strana di massa subsolare**.

Conclusioni

- È uno scenario di materia oscura composta da **macros** potenzialmente testabile
- Esistono **osservabili** astrofisici collegabili con gli strangelets: oggetti compatti di massa subsolare, eccesso di raggi gamma dal centro galattico ed anche flares solari (*Bertolucci, S. et al. (2016)*)
- Difficilmente interagiscono con la Terra

object mass (g)	Eros	Moon	Earth	Jupiter	Sun
1	10^4	$3 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{13}$
10^3	10	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^{10}$
10^6	10^{-2}	$3 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^7$
10^9	10^{-5}	0.3	4	$4 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^4$
10^{12}	10^{-8}	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0.4	50
10^{15}	10^{-11}	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-2}$
10^{18}	10^{-14}	$3 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$