Vznik hvězdy

Hvězda začne vznikat, začne-li se gravitačním působením hroutit (smršťovat) obrovský oblak, který se skládá hlavně z vodíku, helia, stopového množství jiných prvků a prachu. Prach, který se nachází v oblaku, zvyšuje jeho hmotnost a odvádí přebytečné teplo.

Pevné látky tvořící prach, mají menší měrnou tepelnou kapacitu ve srovnání s plyny, a proto se prach ohřívá více. Odvádí tedy teplo z plynného oblaku.

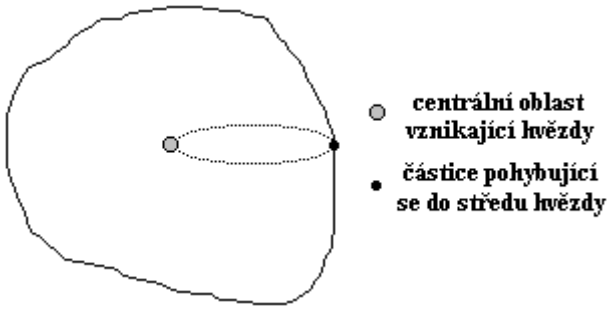
Při popsaném gravitačním smršťování se oblak na úkor své gravitační energie zahřívá. Gravitační smršťování probíhá nejdříve velmi pomalu, postupně se ale zrychluje.

Jak se oblak smršťuje, roste jeho hustota a tedy i velikost gravitační síly, které smršťování způsobuje. Hmota tedy padá do svého centra rychleji.

Na základě jednoduché úvahy je možné odvodit minimální hmotnost oblaku M, ze kterého může vzniknout hvězda v závislosti na vlastnostech oblaku: hustotě ρ a teplotě T. Oblak složený z částic o hmotnosti m si lze představit přibližně jako kulový o okamžitém poloměru R.

Okamžitý poloměr je místo poloměru použit proto, že poloměr oblaku se vlivem gravitačních sil zmenšuje.

Částici tvořící oblak se budou pod vlivem gravitační síly pohybovat do středu oblaku. Tento pohyb je možné popsat pomocí třetího Keplerova zákona jako pohyb po velmi výstřední elipse.



Obr. 62

Čas t_1 potřebný ke smrštění oblaku (tj. čas, za který se dostane uvažovaná částice o hmotnosti m od okraje oblaku ke jeho středu) je polovinou oběžné doby uvažované elipsy (viz obr. 62).

Částice padá jen do centra, už nekončí oběh po druhé polovině elipsy. Hlavní poloosa uvažované elipsy je polovina okamžitého poloměru R.

S využitím třetího Keplerova zákona lze tedy psát $\frac{\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\left(2t_1\right)^2} = \frac{\kappa M}{4\pi^2}$, odkud $t_1 = \sqrt{\frac{R^3\pi^2}{8\kappa M}}$. Uvědomíme-li si, že hustotu uvažovaného oblaku je možné vyjádřit pomocí hmotnosti oblaku a jeho objemu (resp. poloměru) ve tvaru $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$, je možné čas t_1 psát ve tvaru: $t_1 = \sqrt{\frac{3\pi}{32\kappa\rho}}$. Tedy s rostoucí hustotou oblaku bude klesat i čas, který je zapotřebí k tomu, aby částice od okraje oblaku dospěla do středové části. To ovšem znamená, že hvězdy se tvoří hlavně tam, kde je vysoká hustota prachoplynného oblaku.

Proti gravitační síle, která způsobuje smršťování prachoplynného oblaku, působí ale síla rázové vlny. Nebude-li gravitační působení dostatečně silné, za čas t_2 se prvotní zhuštěnina rozplyne díky rázovým vlnám (resp. zvukovým vlnám).

Analogicky se rozplyne zhuštěnina vzduchu mezi dlaněmi při tlesknutí rukou a toto tlesknutí je

slyšet.

Rychlost zvuku daného plynného prostředí závisí na hustotě daného prostředí a tlaku daného prostředí vztahu $v_z = \sqrt{\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\rho}}$, kde tlak *p* je možné vyjádřit pomocí stavové rovnice ideálního plynu.

Oblak je možno považovat za ideální plyn tehdy, je-li tvořen převážně vodíkem (a to je pravda), který lze s dobrou přesností považovat za proton s hmotností m_p. Elektron má totiž ve srovnání s protonem hmotnost zhruba 1000krát menší a lze jí tedy zanedbat.

Ze stavové rovnice ideálního plynu tedy dostáváme: $p = \frac{\rho k T}{m_p}$ (*k* je Boltzmannova konstanta). Pro velikost rychlosti zvuku v daném prostředí tedy máme: $v_z = \sqrt{\frac{kT}{m_p}}$. Pro čas t_2, za který by se rodící se hvězda rozplynula vlivem rázové vlny, tedy platí: $t_2 = \frac{R}{v_z} = \sqrt{\frac{R^2 m_p}{kT}}$.

Ve výrazu pro velikost rychlosti zvuku $v_z = \sqrt{\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\rho}}$ je zlomek $\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\rho}$. Ten symbolizuje derivaci proměnné *p* podle proměnné ρ, tj. udává jak se změní proměnná *p*, změní-li se proměnná ρ. Výpočty s derivacemi jsou v tomto případě jednoduché, neboť hustota ρ vystupuje ve vztahu pro tlak plynu $p = \frac{\rho k T}{m_p}$ v první mocnině v čitateli. Proto po derivaci získáme $\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\rho} = \frac{kT}{m_p}$.

Hvězda tedy vznikne tehdy, pokud gravitační vlivy převáží nad ostatními rušivými vlivy, tedy pokud $t_1 < t_2$.

Oblak se tedy stihne gravitačně smrštit dříve než bude „rozmetán“ rázovými vlnami.

Je možné tedy psát: $\sqrt{\frac{3\pi}{32\kappa\rho}} < \sqrt{\frac{R^2 m_p}{kT}}$, odkud $R > \sqrt{\frac{3\pi kT}{32\kappa\rho m_p}}$. Ze vztahu $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$ vyplývá, že $R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}}$. To je možné dosadit do právě odvozené nerovnice a vyjádřit hmotnost oblaku *M*: $M > \frac{4\pi}{3}\sqrt{\left(\frac{3\pi kT}{32\kappa m_p}\right)^3 . \frac{1}{\rho}} \approx \sqrt{\left(\frac{T}{m_p}\right)^3 . \frac{1}{\rho}}$. Hmotnost oblaku daná výrazem $M_J = \frac{4\pi}{3}\sqrt{\left(\frac{3\pi kT}{32\kappa m_p}\right)^3 . \frac{1}{\rho}}$ se nazývá **Jeansova hmotnost**, protože právě uvedenou nerovnost (tzv. **Jeansovo kriterium**) odvodil již v roce 1902 britský fyzik a astrofyzik J. H. Jeans (1877 - 1946). Jeansova hmotnost udává minimální hmotnost oblaku, z něhož může vzniknout v závislosti na jeho teplotě a hustotě hvězda.

Např. při teplotě 10 K a hustotě 10^{10} atomů na metr krychlový je Jeansova hmotnost $M_J = 8,8 M_S$ (M_S je hmotnost Slunce), což jsou podmínky příznivé pro vznik hvězd. Ale při teplotě 100 K a hustotě 10^6 atomů na metr krychlový vychází Jeansova hmotnost už $M_J = 28000 M_S$, což znamená, že vznik hvězdy je velmi nepravděpodobný. Hvězdy tedy vznikají v chladných a hustých prachoplynných oblacích.

S postupným gravitačním smršťováním hvězdy se oblak silně zahřívá. Při teplotě několika milionů kelvinů mají jádra vodíku již takovou velikost rychlosti, že se při srážkách s ostatními jádry mohou dostat, i přes velké odpudivé elektrostatické síly, velmi blízko k sobě a spojit se v jádro helia. V tom okamžiku se v nitru hvězdy zapálí termonukleární reakce.

Během svého smršťování hvězda relativně silně září a v HR diagramu se proto nachází nad hlavní posloupností. Během gravitačního smršťování se stále více ale přibližuje k hlavní posloupnosti, na níž se dostane v okamžiku, kdy se v jejím nitru zapálí termonukleární reakce. Od této doby se

hvězda mění jen velmi pomalu, což znamená, že velmi dlouho zůstává na hlavní posloupnosti - po celou dobu spalování vodíku.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.