

Prof. dr. Dragan Gajić

Uvod u astronomiju



Lekcija 12.

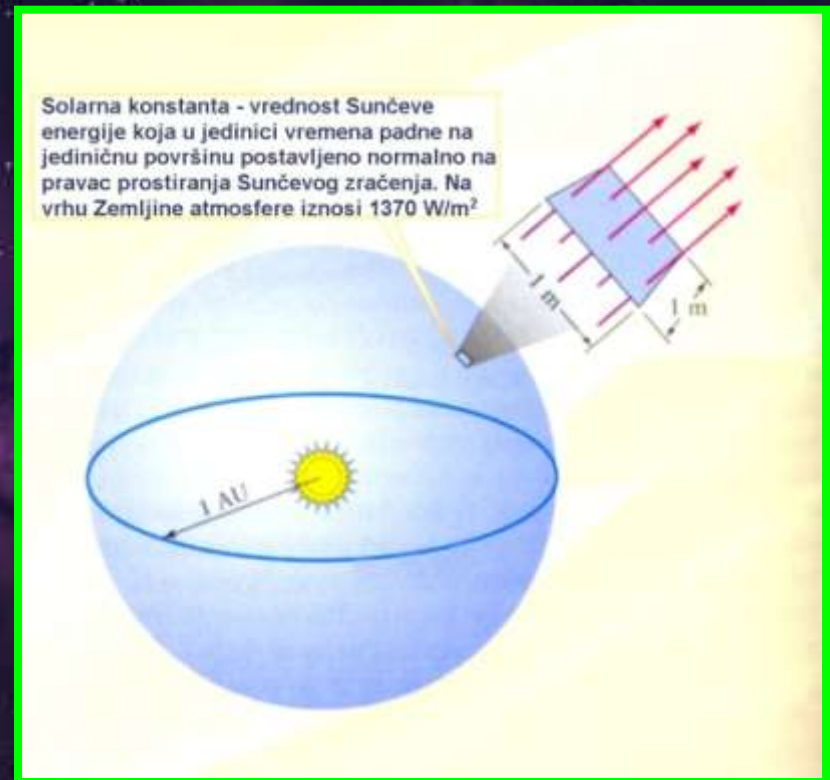
***Astronomske fotometrijske jedinice.
Prividne i apsolutne zvezdane veličine.***

Fotometrija – merenje energije e.m. zračenja u određenom intervalu talasnih dužina.

Fotometrijske veličine i jedinice

Kandela (cd) – jedinica za intenzitet (jačinu) svetlosti. Predstavlja svetlosnu jačinu izvora koji u određenom pravcu emituje monohromatsko zračenje frekvencije $5.40 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, intenziteta $(1/683) \text{ W/sr}$.

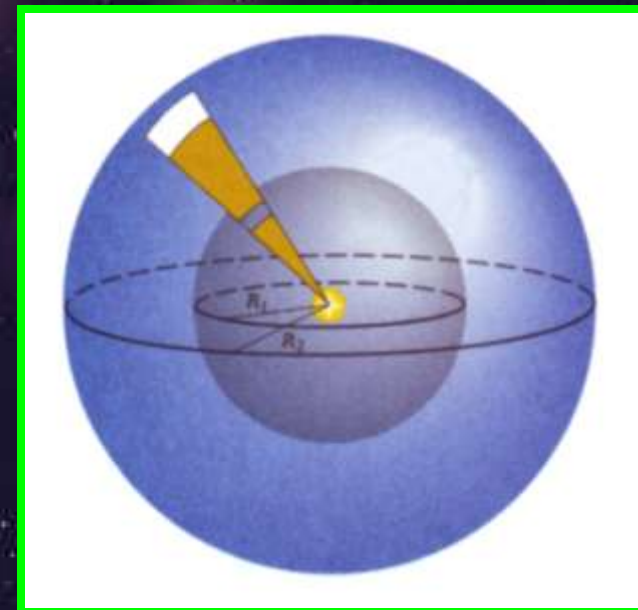
Svetlosni fluks (Φ) – proizvod površine prijemnika i gustine energije koja na njega stiže. Jedinica je lumen ($1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$).
Odgovarajuća energetska jedinica je vat (W).



Intenzitet svetlosti (I) – količnik fluksa i prostornog ugla po kojem se svetlost raspodeljuje $I = \Phi/\Omega$.

Osvetljenost: $E = \Phi/S = I/r^2$. Jedinica je luks
($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$).

Osvetljenost opada sa kvadratom rastojanja pri udaljavanju od izvora. U astronomiji se pod sjajem zvezde (nebeskog tela) podrazumeva osvetljenost.



Prvo astrofizičko istraživanje uradio je Hiparh iz Nikeje (II v.p.n.e.), razvrstavši zvezde po sjaju u 6 prividnih zvezdanih veličina (magnituda).



Po Hiparhu, najsjajnije zvezde na nebu su prve, a zvezde najmanjeg sjaja, koje se jedva uočavaju golim okom su šeste prividne zvezdane veličine. Jasno je da dve identične zvezde koje su na različitim rastojanjima od posmatrača (detektora) neće imati isti sjaj (zato se i koristi izraz "prividna zvezdana veličina"). U XIX veku fotometrijski je utvrđeno da je odnos sjaja dve susedne zvezdane veličine 2.512. To znači da je zvezda prve magnitude 100 puta sjajnija od zvezde šeste magnitude. To je povezano sa Pogsonovim zakonom

$$E_1/E_2=2.512^{m_2-m_1}$$

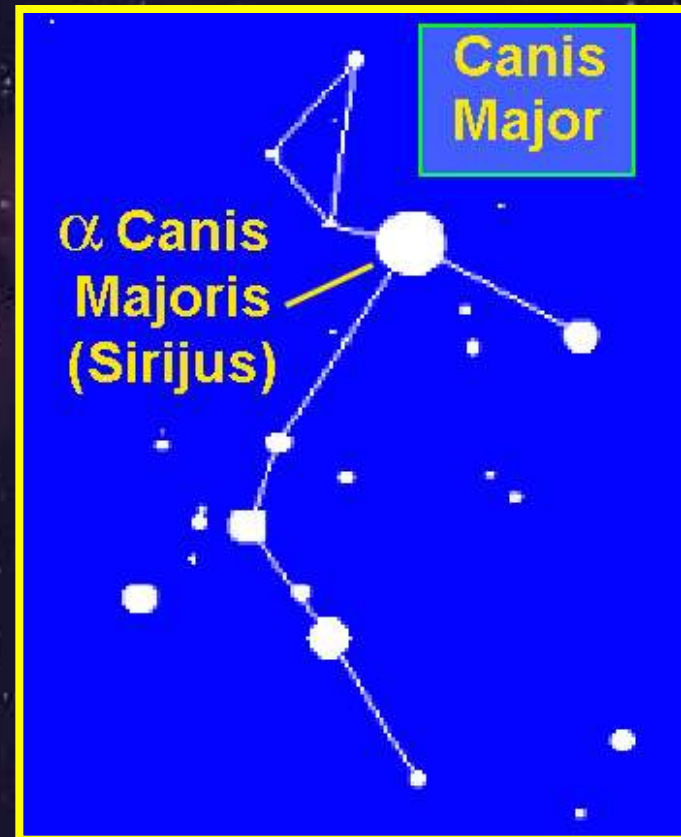
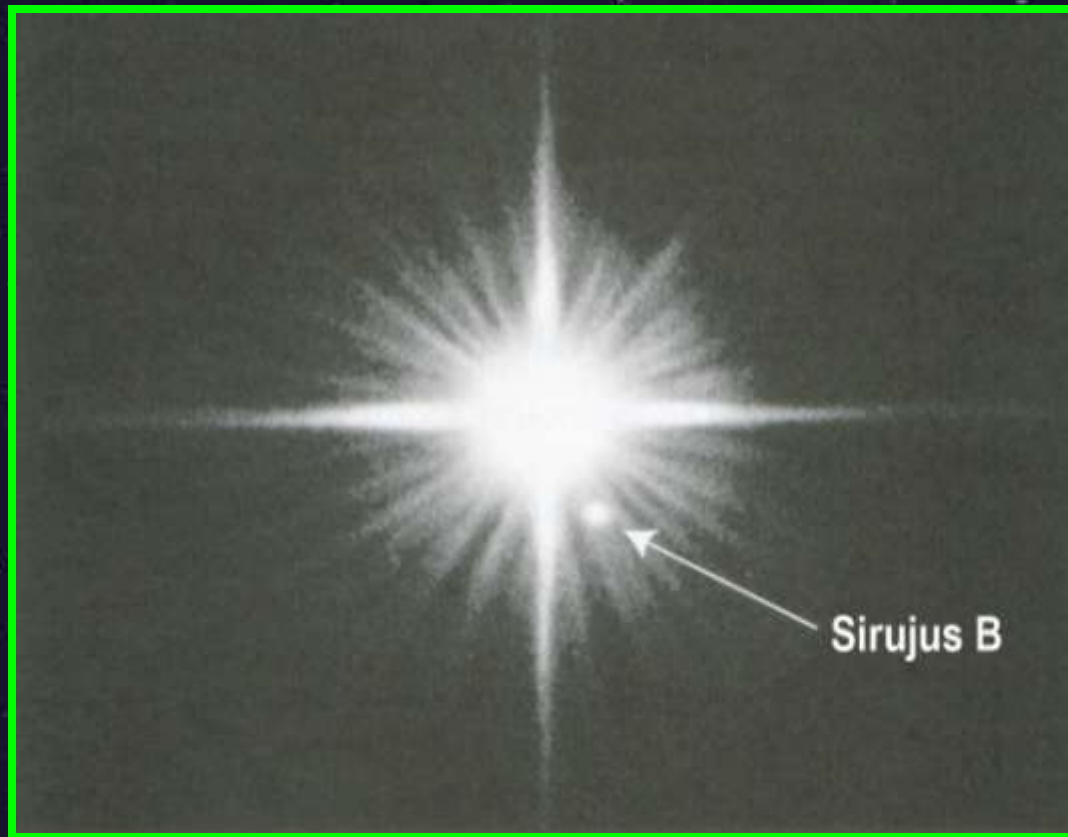
koji povezuje objektivni nadražaj (E) i subjektivni osećaja nadražaja (m). U našem slučaju radi se o sjaju nebeskih tela E_1 i E_2 i njihovih prividnih zvezdanih veličina (magnituda) m_1 i m_2 .

Iz gornjeg izraza je $m_1-m_2=2.512 \cdot \log(E_2/E_1)$

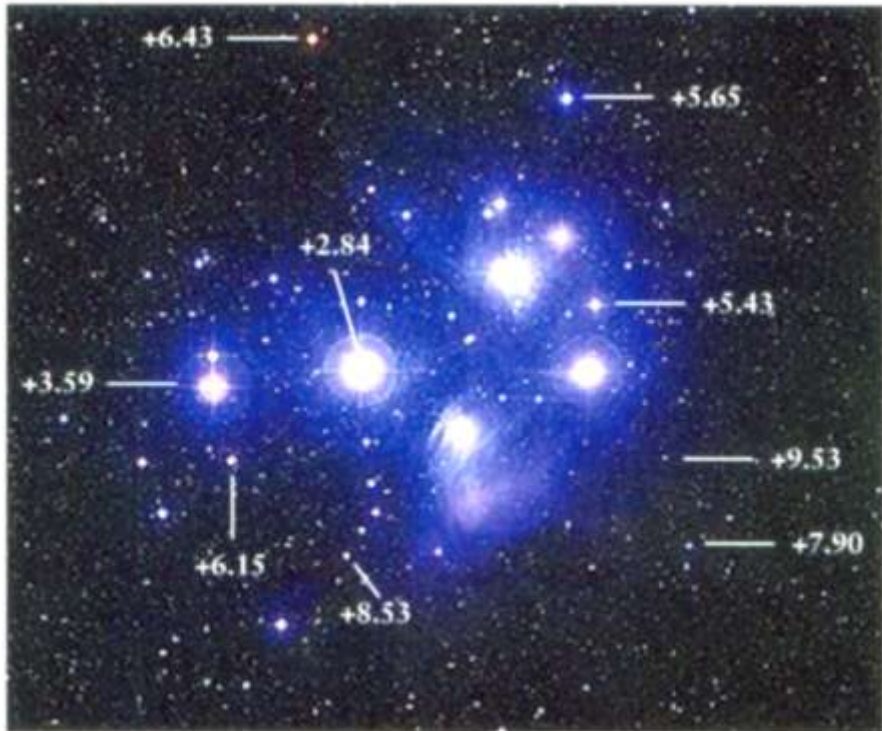
Savremena skala prividnih veličina zvezda ne razlikuje se mnogo od Hiparhove. I danas su zvezde šeste prividne veličine na granici vidljivosti golim okom. Zvezde još slabijeg sjaja vide se samo pomoću astronomskih instrumenata, pa se nazivaju još i Teleskopske, a njihove magnitude su veće od +6. Savremena merenja su preciznija i obavljaju se fotometrijskim instrumentima, pa se prividne veličine izražavaju i decimalnim brojevima. Najveća odstupanja su kod najsjajnijih zvezda, jer se njihov sjaj drastično razlikuje. Zbog toga su uvedene i negativne magnitude. Što je magnituda zvezde "negativnija", to je njen sjaj veći.

Magnituda punog Meseca je $m=-12.6$, Sunca, koje je najsjajniji objekat na našem nebu, je $m=-26.8$, itd.

Prividna magnituda Sirijusa je $m=-1.4$. Ova α zvezda Velikog Psa ujedno je i najsjajnija zvezda na našem nebu (jasno posle Sunca).

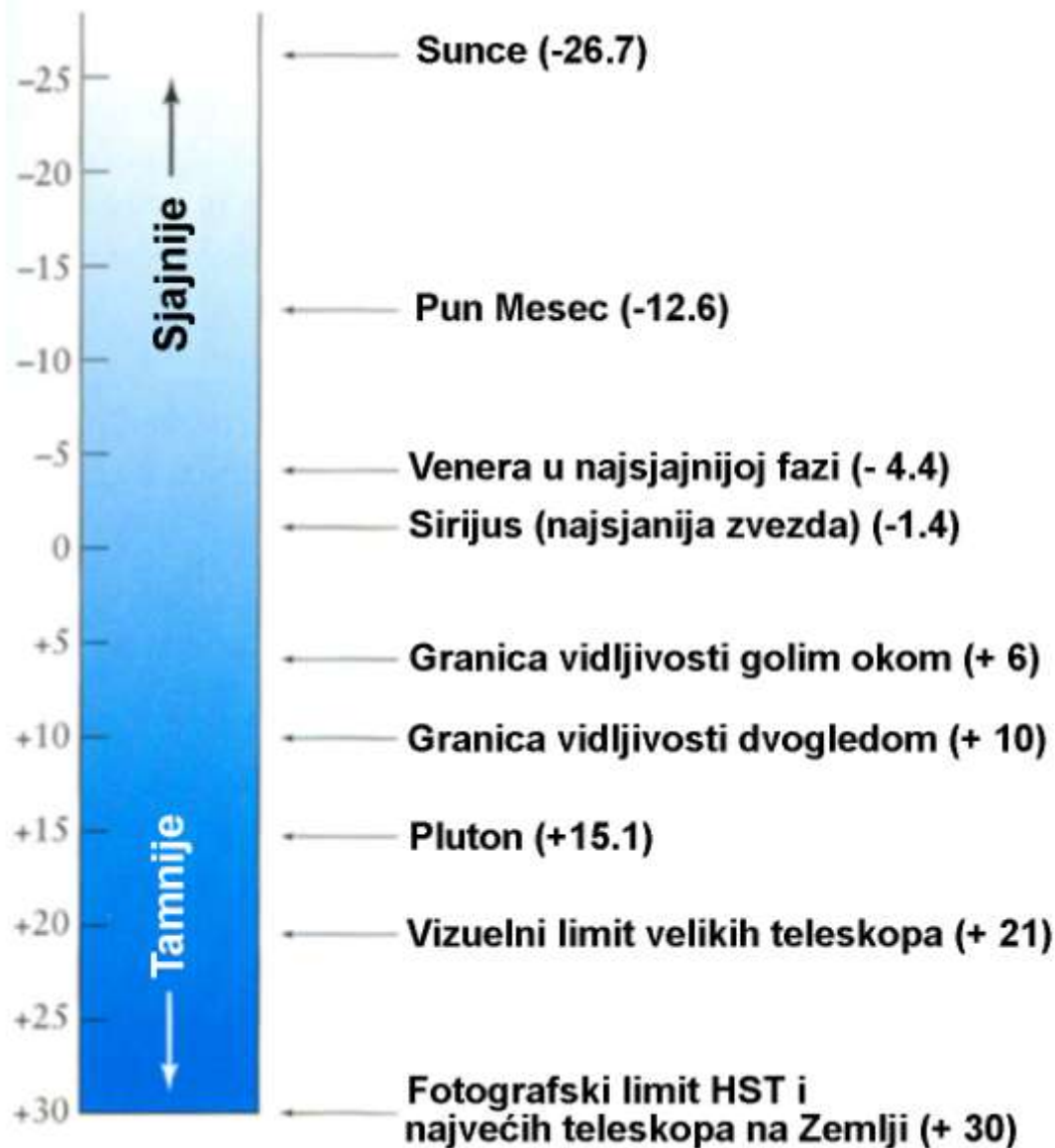


Na slici su označene prividne magnitude rasejanog jata Plejade (Vlašići). Golim okom može se videti 6–7 zvezda ovog jata, a Galilej ih je pomoću svog teleskopa video 36. Ime Vlašići dovodi se u vezu sa legendom o braći majstorima zanata, koji su jednom prilikom svojim umećima spasili neku devojkicu od smrtne opasnosti. Kao nagradu, otac devojkice ponudio je ruku svoje kćeri bilo kom od njih. Kako oni nisu mogli da se dogovore, bogovi su ih preneli na nebo da budu večno zajedno.



Prividne magnitude zvezda u Plejadama (Vlašićima)

Ako se prividni sjaj zvezde određuje okom ili vizuelnim fotometrom, dobijena magnituda naziva se vizuelna. Ona se meri u žuto-zelenoj boji sa maksimalnom osetljivošću prijemnika na 550 nm. Ako se kao prijemnik koristi fotoemulzija dobija se fotografska prividna magnituda, koja je osetljiva na plavo-ljubičastu boju (sa maksimumom osetljivosti na 430 nm). Ako se fotoemulzija učini osetljivom na žuto-zelenu oblast meri se fotovizuelna prividna magnituda.



Neke prividne magnitudo

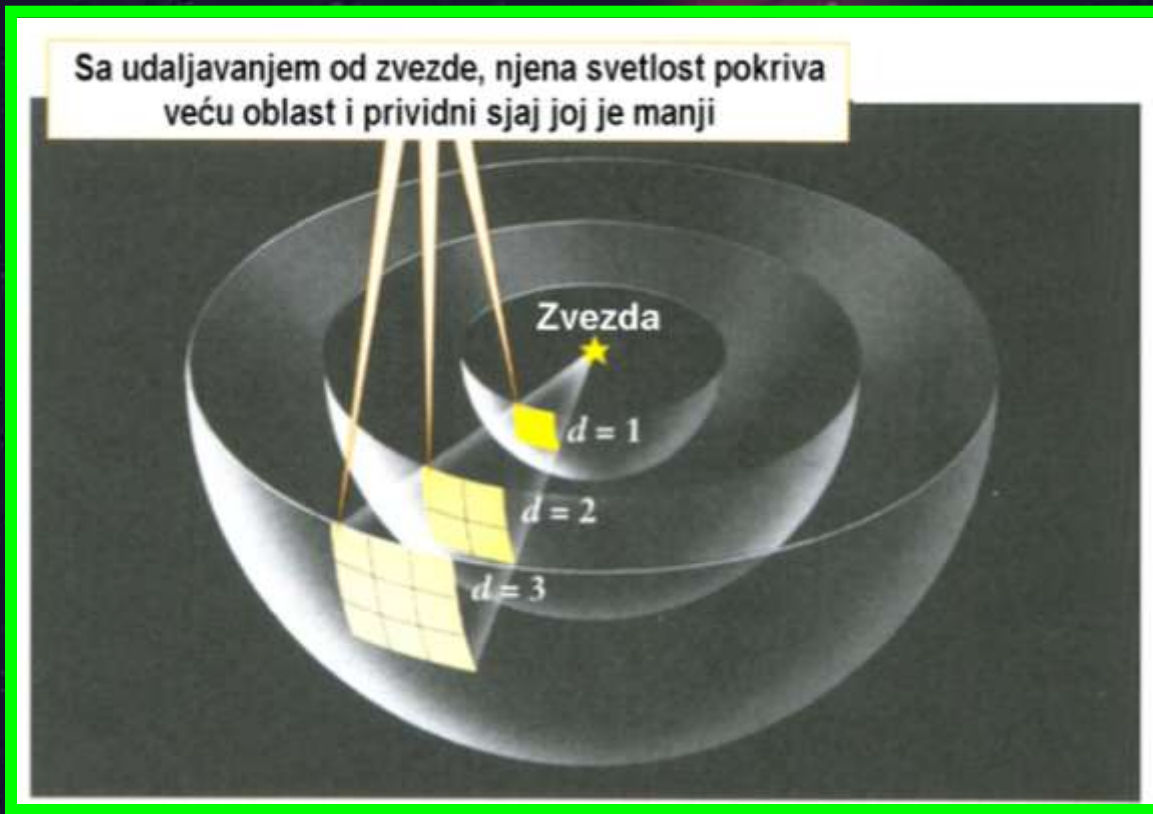
Odnos sjaja najsjajnijeg i najmanje sjajnog objekta na nebu (koji se može detektovati fotografski pomoću HST i sličnih teleskopa) iznosi 2.512^{57} , odnosno približno 10^{23} puta.

Prividne magnitude su mera prividnog sjaja zvezde, tj. fluksa njenog zračenja koji primamo na Zemlji (osvetljenost).

Prividni sjaj zvezde zavisi od njenog stvarnog sjaja (fluksa zračenja koje se emituje sa njene površine), od njene udaljenosti i od količine zračenja koje apsorbuje međuzvezdana materija na putu od zvezde do Zemlje.

Stvarni sjaj zvezde zavisi od radijusa zvezde (veća zvezda zbog veće površine emituje veću količinu zračenja), površinske temperature, mase, itd.

Sjaj zvezde opada sa kvadratom rastojanja između zvezde i posmatrača na Zemlji. Mereći razliku u osvetljenosti koju daju dve zvezde, mi ne znamo da li je jedna zvezda sjajnija od druge zato što je to zaista tako ili je to zato što nam je ona bliža. Da bi se eliminisao uticaj rastojanja i utvrdio stvarni sjaj zvezde uvodi se **apsolutna zvezdana veličina (M).**



Ona je brojno jednaka prividnoj veličini koju bi zvezda imala kada bi se nalazila na standardnom rastojanju od 10 pc, pod uslovom da nema apsorpcije između zvezde i posmatrača.

Dovođenjem svih zvezda na isto rastojanje, apsolutna zvezdana veličina predstavlja meru pravog sjaja zvezde, tj. njenu svetlosnu snagu (luminoznost).

Razlika prividne (m) i apsolutne (M) zvezdane veličine može se naći iz formule

$$m - M = 2.512 \cdot \log(E_M/E_m),$$

E_M je osvetljenost koju bismo imali da je zvezda na rastojanju $r_0=10$ pc, a E_m je osvetljenost koju imamo kada je posmatrana zvezda na njenom stvarnom rastojanju r . Ako zanemarimo apsorpciju i iskoristimo činjenicu da osvetljenost opada sa kvadratom rastojanja, iz gornje jednačine se dobija

$$m - M = 2.512 \cdot \log(r^2/r_0^2).$$

Odavde je:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

(*)

Pošto se rastojanje do nebeskog tela u parsecima može izraziti preko njegovih ugaonih dimenzija (u lučnim sekundama) može izraziti formulom

$$r[\text{pc}] = 1/\pi["]$$

dobija se formula za izračunavanje apsolutne zvezdane veličine, izražene preko prividne zvezdane veličine i zvezdane paralakse

$$M = m + 5 + 5 \log \pi$$

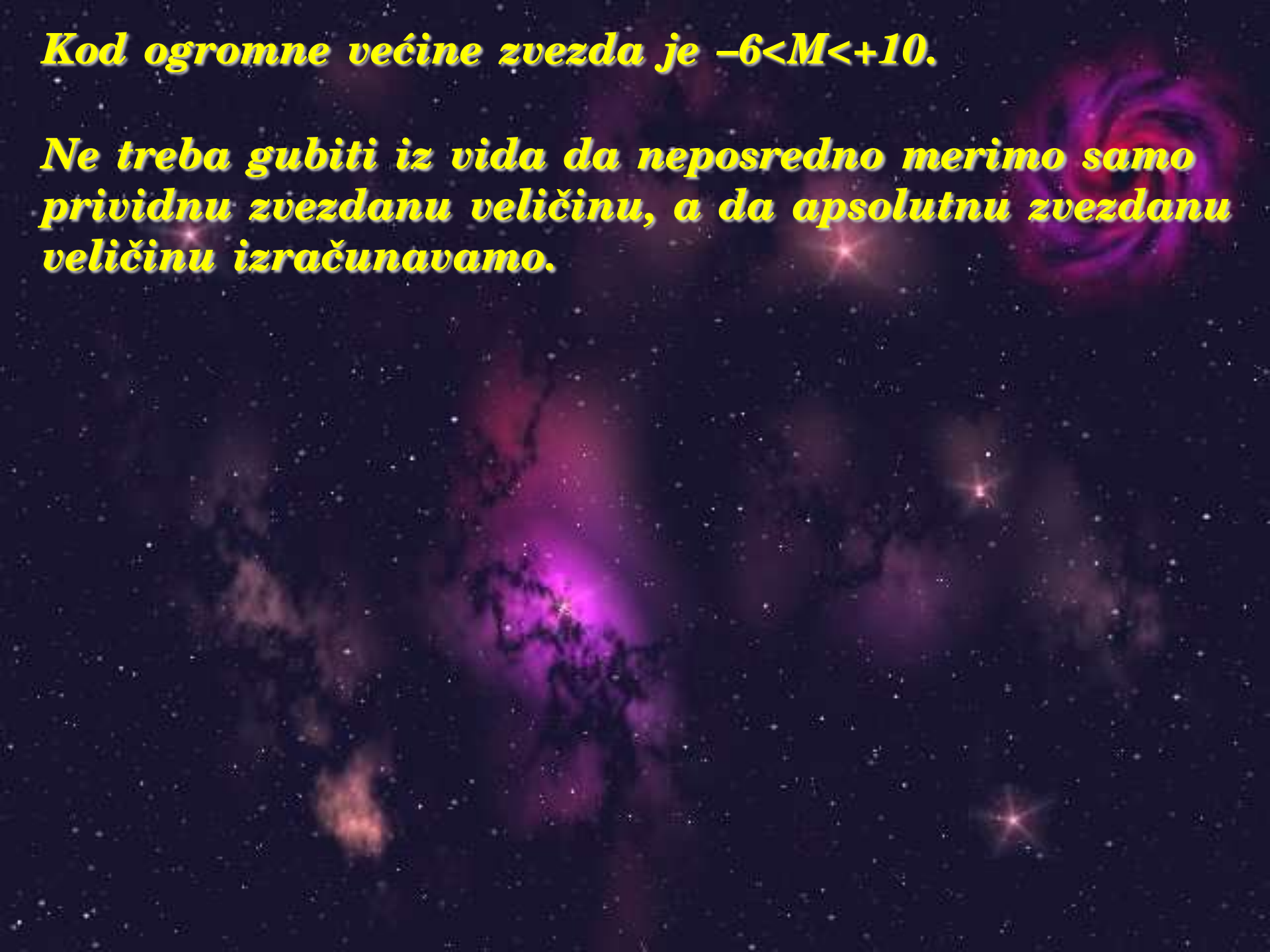
(**)

Izrazi () i (**) spadaju među najznačajnije u astrofizici.*

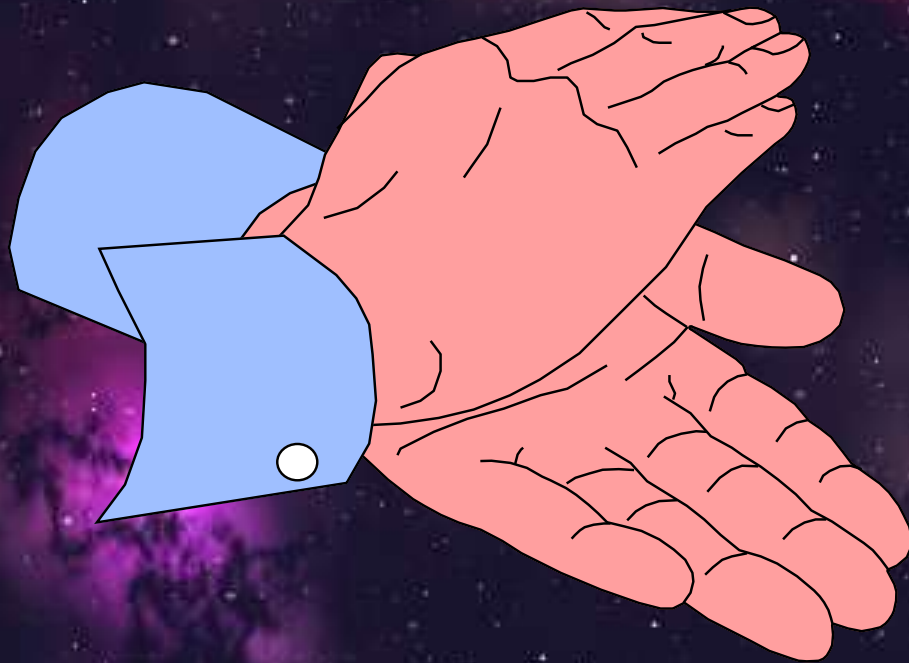
Iz gornjih izraza se lako izračunava da je za Sunce $M=+4.82$, tako da bi ono, kada bi se nalazilo na rastojanju od 10 pc u odnosu nas, bilo jedna od slabijih zvezda. Za Sirijus je $M=+1.5$, tako da je on u stvari sjajniji od Sunca.

Kod ogromne većine zvezda je $-6 < M < +10$.

Ne treba gubiti iz vida da neposredno merimo samo prividnu zvezdanu veličinu, a da apsolutnu zvezdanu veličinu izračunavamo.



Hvala na pažnji!



To be continued...