



NASTANAK SUNČEVA SUSTAVA



POVIJESNI PRIKAZ RAZVOJA TEORIJA

Postoji čitav niz ideja i teorija o nastanku Sunčeva sustava i mehanizmima i uvjetima odgovornim za njegovu današnju građu. Postoje brojne hipoteze i teorije kojima se pokušava objasniti postanak Zemlje i ostalih članova našeg solarnog sustava. Jedna grupa hipoteza pokušava objasniti nastanak Sunčevog sustava iz prvotnog, primordijalnog materijala tijekom kontinuiranog razvoja. U tu grupu spada najstarija, nebularna hipoteza, te najnovije, modernizirane inačice nebularne hipoteze, globularna hipoteza i hipoteza protoplaneta. Drugi vjerojatnijim smatraju najprije nastanak zvijezda (dakle i našeg Sunca), a tek potom slijedi formiranje planeta u nekom iznenadnom i nepredvidivom događaju. Druga grupa hipoteza zasniva se na previše pretpostavki i pri tome potpuno zanemaruje kemijski sastav svemira, zvijezda i planeta (planetezimalna hipoteza, plimska hipoteza, hipoteza Sunčeva blizanca ili pak Hoylova hipoteza “supernova” eksplozije zvijezde blizanca našeg Sunca).

Povijesno, dvije su glavne škole, obje iz XVIII. stoljeća i obje nalaze podrijetlo Sunčevog sustava u nekom prasuncu ili sunčevoj maglici (nebuli). One se, u osnovi, razlikuju u tome, što jedna škola pretpostavlja akciju vanjskih sila pri nastanku planeta od Sunca, dok druga nalazi potrebnu energiju unutar prasunca.

Prvu je školu 1794. osnovao francuski filozof G. BUFFON., koji je pretpostavio da su planeti nastali otrgnućem od Sunca nakon kolizije s drugom zvijezdom. Iako je BUFFON prvi osmislio **teoriju impakta**, zamislivši tangencijalni prolet nekog velikog kometa pokraj Sunca, ta se teorija najčešće povezuje s imenom J. JEANSA (1917). Teoriju JEANSA preuzima i dalje razvija H. JEFFREYS (1929), no ta teorija zapada u teškoće. Osnovna slabost sadržana je u polaznoj pretpostavci tijesnog sudara. Takvih slučajeva u galaktici ne može biti mnogo, pa bi i pojava planetskog sustava bila rijedak događaj

Druga škola započinje razmišljanjima I. KANTA 1755., prema kome unutar primarne sunčeve maglice (nebule) postoje područja nešto veće gustoće koja djeluju kao usis za materiju i planeti tada rastu oko centara tih područja.

P. LAPLACE je 1796. pretpostavio sliku Sunca kao rotirajuće slabo vezane mase plina koja obuhvaća cijeli volumen današnjeg Sunčevog sustava, iz koje je kontrakcijom praćenom povećanjem rotacijske brzine, nastala serija plinovitih prstenova kao posljedica centrifugalne sile. Kondenzacijom prstenova formirani su planeti.

Od teorije I. KANTA (1755) i P. LAPLACEA (1796) preuzeta je ideja o nastanku Sunca i planeta iz međuzvjezdane maglice (**nebularna teorija**). KANT je pošao od predodžbe hladnog oblaka prašine u kojemu se prigodom gravitacijskog stezanja rotacija javlja sama od sebe - što nije moguće (unutarnje sile ne mogu od kaotičnog gibanja dovesti do uređenog). Međutim, KANT, ne ide dalje od općih prirodoslovno-filozofskih postavki. Laplaceova hipoteza je prva matematički obrađena teorija. LAPLACE pretpostavlja da već postoji usijana maglica koja rotira te prati kako se maglica hladi, steže i ubrzava vrtnju.

(Današnji slijed argumenata je drukčiji: maglica se ne steže zbog hlađenja, već zbog prevlasti gravitacijskog privlačenja, a pri tom se, uz ubrzanje vrtnje, gravitacijskom energijom zagrijava). Kada postignu brzinu kruženja, vanjski dijelovi maglice više ne tlače na središnje dijelove. Postali su samostalni i imaju oblik prstena. Središnja se masa dalje steže i time razdvaja od prstena. Od prstena nastaje planet. Planeti bi tako morali nastati postupnim stezanjem središnje mase koja za sobom redom ostavlja prstenove. A sateliti bi morali nastati istim procesom pri ubrzavanju vrtnje planeta, koji je, po LAPLACEU, na početku također plinovit. Postoji još jedan bitan nedostatak hipoteze. Ostavivši samostalan prsten, centralna masa bi pri stezanju trebala zadržati veći dio kutne količine gibanja. Dokaz protiv njegove hipoteze je i gibanje Saturna i njegovih prstenova: unutarnji dijelovi Saturnova prstena gibaju se brže od Saturnove površine; slično se i Fobos, satelit Marsa, giba brže od Marsove površine.

Ipak osnovni nedostatak Laplaceove hipoteze je nesklad raspodjele veličine kutnog gibanja u sustavu. Naime, 98% kutnog gibanja posjeduju planeti a Sunce bi, da bi odbacilo materijal prstena samo do današnje Merkurove orbite, moralo rotirati preko stotinu puta brže.

Nakon Laplaceove hipoteze koja je bila dominantna idućih šezdeset godina, prevladavaju pobornici Buffonove škole impakta (MAXWELLI, CHAMBERLIN i MOULTON i JEANS i JEFFREYS). Međutim, teorija impakta je napuštena kad je eksperimentom pokazano da se materijal otrgnut od Sunca uslijed kolizije, ne samo da ne bi mogao kondenzirati u formi planete, već bi u kratkom vremenu bio raspršen u prostoru.

U osnovi se sve nebularne teorije mogu grupirati u dvije suprotstavljene ideje ili škole :

1. Teorije homogene kondenzacije materije, i

2. Teorije heterogenog zgušćivanja materije.

Prva škola, koju kao najpoznatiji među autorima predstavlja RINGWOOD, podrazumijeva homogenu kondenzaciju materije u relativno "hladnim" uvjetima u smjeru devet proto-Planeta i proto-Sunca. Zbog gravitacijskih sila i proizvodnje radioaktivne toplinske energije, protoplaneti se uzastopno diferenciraju u odgovarajuće im planete, tj. Merkur, Veneru, Zemlju, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluton i naravno, Sunce.

Vjeruje se da je planetarno očvršćavanje i zgušnjavanje započelo od neke čvrsto vezane smjese čestica metala i silikata vrste koja odgovara onoj nađenoj u hondritima (vidi poglavlje 5.5.3.6.). Pretpostavlja se da je hondritski materijal nastao prije početka stvaranja planeta u sunčevoj izmaglici (solarnoj nebuli). Kada se promatra Zemlja, ova se smjesa očvršćavala u vremenskom rasponu od 10^7 do 10^8 godina. Materijal koji se sastoji od različitih metaličnih i silikatnih faza u to je vrijeme ostao neizdiferenciran uz temperaturu od oko 1.000°C . Zbog topline oslobođena radioaktivnim raspadom dugoživućih radiogenih elemenata postupno su se rastaljivali prvo metali, a zatim silikati. Posljedica toga je izdiferencirana Zemlja kakvu je danas znamo. Krajem sedamdesetih godina ova je teorija dijelom revidirana uvažavajući neke početne nelogičnosti u samoj teoriji.

Drugi koncept. SMITHA, TUREKIANA i drugih, govori o *heterogenom očvršćavanju materije*. Pretpostavljeno je postojanje kemijski nehomogene *sunčeve izmaglice (nebule)* sa širokim rasponom različitih oksidacijskih stanja i porasta temperature. Zbog toga dolazi do stvaranja planetezimala različite veličine, kemijskog i mineralnog sastava nastalih u različito vrijeme i na različitim lokacijama. Nakupljanje takvih objekata dalo je različitost današnjih tijela u Sunčevu sustavu uključujući i matična tijela meteorita. Period glavnog rasta trajao je manje od milijun godina i bio završen u vremenskom intervalu između 4,5 i 4,6 Ggod. Nakon nastanka planeta, preostali planetezimali djelovali su u tzv. *Eri teškog bombardiranja* koja je trajala oko 0,6 Ggod. Glavni je impakt te ere sadržan i zabilježen u lunarnim kraterima, posljedici tzv. terminalne lunarne kataklizme s maksimumom na oko 3,9.Ggod. I drugi mjeseci ali i unutrašnji planeti zasigurno su također osjećali posljedice tog bombardiranja. Na Merkur su ti tragovi dobro sačuvani dok su na Zemlji ipak, većinom, tijekom njene povijesti izbrisani.

Danas se sve više favorizira heterogeni model jer se većina opaženih činjenica lakše uklapa u tu nego homogenu teoriju. *A koje su to činjenice koju bi takva teorija morala moći objasniti ?* Može se reći da su one sadržane u tzv. *pravilnostima Sunčeva sustava*, koje se mogu izraziti kao :

- 1) *Sunce predstavlja 99,8% mase cijelog sustava;*
- 2) *Svi planeti kruže oko Sunca u istom smjeru na eliptičnoj orbiti, koje sve praktički leže u istoj ravnini;*
- 3) *Sami planeti rotiraju oko svojih osi u istom smjeru rotacije planeta oko Sunca (osim Urana, koji rotira u suprotnom smjeru);*
- 4) *Planeti se nalaze na međusobno pravilnim udaljenostima izraženim tzv. **Titius - Bodeovim zakonom** i tvore dvije grupe: unutarnju grupu malih planeta (Merkur, Venera, Zemlja i Mars), poznati kao **Terestrički planeti**, i vanjsku grupu velikih planeta (Jupiter, Saturn, Uran i Neptun) poznati kao **Jovijanski ili Glavni planeti**.*
- 5) *Najveći dio kutnog momenta Sunčevog sustava koncentriran je u planetima, a ne u Suncu, usprkos koncentraciji mase na Suncu.*

Titius - Bodeov zakon

Bodeov odnosno Titius-Bodeov zakon je empirička serija koja blisko aproksimira relativne udaljenosti planeta od Sunca

Njemački je astronom Johann D. TITIUS 1772. objavio matematičko pravilo, kasnije popularizirano od drugog njemačkog astronoma Johanna E. BODEA, koje do danas nije fizikalno potkrijepljeno, a kojim se vrlo dobro određuju udaljenosti planeta, poznato kao pravilo (zakon) J.D. TITIUSA i J.E. BODEA . Pravilo je dano izrazom :

$$r_{\text{au}} = 0,4 + 0,15 \cdot 2^{n-1} \quad (5-1)$$

gdje je r_{au} = udaljenost u astronomskim jedinicama

n = redni broj planeta

Prvi član niza znatno odstupa od udaljenosti koji ima Merkur ne uzme li se za Merkur $n = \infty$, (a za Veneru $= 0$) što, naravno, nije u aritmetičkom nizu s ostalim eksponentima.


Tit
n
r_{au}
stve
sre
uda
(u AU)

[illegible]

Značaj tog pravila je da je, primjerice, predvidjelo udaljenost i postojanje Urana koji je otkrio HERSCHEL 1781., dakle više od sto godina kasnije. Kasnije će se vidjeti da je osmi planet, Neptun, prekobrojan, no formula jasno ukazuje na jedan vrlo značajan podatak, a taj je postojanje ili mogućnost postojanja jednog planeta između Marsa i Jupitera (vidi donju tablicu). "Nestali planet" otkrio je prvog dana 19. stoljeća., PIAZZI i dao mu ime Ceres. Danas znamo da se u tom području nalazi pojas asteroida (planetoida) od kojih je Ceres najveći. Podatci za planete od Merkura do Urana su zadivljujuće točni, a odstupanja u slučaju Neptuna i Plutona danas neki objašnjavaju i poremećajima u udaljenosti istih kao posljedicu bliskog prolaza neke zvijezde. Treba napomenuti da je Neptun otkriven 1846., a Pluton 1930. Iako za to numeričko pravilo ne nalazimo razumno fizikalno objašnjenje, ono ipak, kao najznačajnije svojstvo, ukazuje na pravilnu, a ne na statističku (slučajnu) prirodu udaljenosti planeta, kao što su neke teorije sugerirale.

MODERNE TEORIJE NASTANKA SUNČEVA SUSTAVA

*U kakvu su odnosu današnji pogledi na
postanak planeta prema kozmološkim hipotezama,
kao što je Kantova i druge?* Pretpostavlja se sljedeći,
jako poopćen scenario nastanka Sunčeva sustava :




Relativno mali molekularni oblak smješten u jednom od spiralnih krakova naše galaktike (lokalni krak) urušava se kao posljedica eksplozije bliske supernove i iznimno snažnih udarnih valova nastalih tom eksplozijom. U slučaju našeg sustava imamo potvrdu da se je stvarno zbila eksplozija supernove. U ugljikovodičnim meteoritima nađeni su izotopi koji su potomci radioaktivnih elemenata kratkog vremena života, a koji se proizvode u toku eksplozije supernove. Prema broju atoma izotopa procijenjeno je da je od pojave supernove do ukrućivanja meteoritskog materijala prošlo od nekoliko milijuna do nekoliko desetaka milijuna godina.

Temperature u središtu stežućeg oblaka brzo se uzdižu od 20 K, u početku sve do 1.400 K, pretvarajući tako oblak u vruću *sunčevu (solarnu) maglicu (nebulu)*.

Prema današnjem shvaćanju, postanak i razvoj planetskog sustava odvijao se u nekoliko faza. Ponajprije, veliki međuzvjezdani oblak se zbija i pritom cijepa na manje dijelove (*fragmentacija*). Iz tvari sadržane u jednom oblačnom fragmentu oblikuje se sunčeva maglica kao *rotirajući disk*; u njemu dolazi do preraspodjele količine gibanja i pripremaju se uvjeti za nastanak malih kompaktnih tijela. Nakon toga se oblikuju i konsolidiraju *planeti*. Sastav čvrstih tijela uvjetovan je kemijskim sastavom maglice i termičkim režimom kroz koji prolaze. U maglici prevladava vodik (78% mase) i helij (20%), s primjesom težih elemenata (2%). Elementi se javljaju u plinovitom stanju, tj. kao slobodni neutralni ili ionizirani atomi i molekule, a ugrađuju se i u zrna prašine.


Kondenzacija se odvija uz određene temperature. U intervalu temperature od 1.000 do 1.800 K ukrućuju se željezo, oksidi metala, silicija i slični (refraktorne, teško taljive tvari). Pri temperaturama od 100 do 300 K i niže, kondenziraju se i lakohlapljivi sastojci (volatilne tvari) kao što su voda, ugljikov dioksid, metan, amonijak; metalna i silikatna zrna prekrivaju se smrznutim tvarima koje su inače kod sobne temperature u plinovitom stanju. Plinoviti ostaju jedino vodik i plemeniti plinovi He, Ar i Ne.

Ovisno o građi s kojom su stasali, planeti i njihovi veći sateliti prolaze kroz svoj geološki razvoj. Slično kao u magmi, gdje diferencijacija započinje s kristalizacijom olivina, piroksena i spinela, a završava s kvarcom, izvan sunčeve nebule prvo nastaju zrna i čestice podrijetla na višim temperaturama, koje se zatim sakupljaju u klastere i superklastere dajući kondezacijske točke i mjesta protoplaneta. Kako se nebula hladi, agregati sadržavaju sve različitije mineralne sastave (feldspati, magnetit, i dr.). Završni materijal iz najhladnijih dijelova nebule može se smatrati i zaostatkom prvotnog zvjezdanog materijala iz međuzvjezdanog oblaka. Taj završni pojas, u području gdje kondenziraju protoplaneti, sadrži vodu, plinove, organske molekule i niskotemperaturne minerale, kao što su minerali glina. Hladni oblaci plina i praha postoje u galaktičkoj ravnini i danas, mnogo godina nakon nastanka prvih zvijezda galaktike.




Mineraloška svojstva meteorita potvrđuju postojanje temperatura od 300 do 1.800 K i tlakova do 1 bar. Stjenoviti sastav terestričkih planeta s velikim udjelom metala, te sustav Jovijanskih planeta koji sadrže znatne količine volatilnih i zaleđenih tvari, upućuju na područja s različitim termičkim režimom.

Prigodom odvajanja od drugih dijelova međuzvjezdana oblaka prasunčeva maglica zadržava galaksijsko magnetsko polje - važno svojstvo međuzvjezdana prostora, a zadržava i dinamičko stanje u kojemu se oblak nalazio. Prasunčeva maglica zato pri osamostaljenju rotira (pa se naziva i rotirajući disk), i u odnosu na središte galaktike, i u odnosu na druge galaktike.




Maglica se nastavlja urušavati -tvar pada prema središtu oblaka gdje nastaje *mlado Sunce, proto-Sunce (prasunce)*. Ono se zbog stiskanja zagrijava i sve jače svijetli. Najjače je zagrijano u središtu, gdje se počinju javljati termonuklearne reakcije koje će mu davati energiju u dugom nizu godina.

Nezaobilazni dinamički problem razvoja sustava označava prijenos *kutne količine gibanja* sa Sunca na planete. Budući je najmasivniji dio maglice, prasunce sadrži najveću kutnu količinu gibanja. Danas je pak 50 puta veća količina gibanja sadržana u revoluciji planeta nego u rotaciji Sunca, iako Sunce ima masu 750 puta veću od mase svih planeta




Količina gibanja može se prenijeti magnetnim poljem, putem vrtložnih gibanja u maglici; znatna količina gibanja mogla se je izgubiti u prostoru gubitkom mase u obliku sunčeva vjetra.

Prijenos kutne količine gibanja sa Sunca na maglicu ima dvojaku posljedicu. S jedne strane u jednom će se trenutku izgubiti veza maglice i Sunca i ono više neće moći usisivati maglicu. Drugo, maglica poprima količinu gibanja koju će prenijeti na tijela u njoj začeta tj. na buduće planete.



Svi plinoviti, tekući i čvrsti objekti u Sunčevu sustavu, od Sunca do planeta, mjeseca, i interplanetarnih čestica, imaju isto podrijetlo : *pojedinačni kompleks molekularnog oblaka*. Čak i velika kometska tijela, oko 10^4 - 10^5 AU (AU =*astronomska jedinica*=149.597.870,70 km) udaljena od Sunca, nalaze svoje prapodrijetlo u molekularnom oblaku.




O izravnom mehanizmu akumulacije planeta mišljenja su podijeljena. Prema jednoj alternativni, planeti nastaju gravitacijskim stezanjem lokalnih dijelova maglice, isto tako kao što je nastalo Sunce kao centralno zgušćenje. Prema drugom modelu koji je predložio 1952. Harold UREY, planeti nastaju u maglici tako što se akumuliraju iz manjih čvrstih tijela - *planetezimala*, kilometar i više u promjeru. Ove dvije alternative prilagođene su dvojim različitim modelima maglice. Gravitacijska kontrakcija omogućena je u modelu maglice velike mase za koju se pretpostavlja da je na početku iznosila 1 masu Sunca, pa je najveći dio maglice izgubljen u prostoru.

Nakon nestanka plinovite maglice samo planetezimali ostaju u prostoru. Kemijski sastav planetezimala već je prilagođen njihovoj termičkoj prethistoriji. Planetezimali koji kruže bliže Suncu sagrađeni su od željeznog i stjenovitog materijala, oni koji kruže dalje od Sunca tijela su izgrađena od smrznutih plinova i vode, izmiješanih s težim elementima u omjeru 3:1. Od prvih nastaju planeti Zemljine grupe, a od drugih planeti Jupiterove grupe. Niža temperatura u vanjskim područjima dopuštala je da tamo planetezimali porastu prije, pa su i planeti koji tamo od njih nastaju postali veći. Popratna je pojava da se oko jezgara divovskih planeta jačom privlačnom silom okupe i održe velike količine vodika i helija. Model planetezimala i maglice male mase dobro je prilagođen akumulaciji terestričkih planeta. Njihov rast traje oko 100 milijuna godina. Za toliko je Sunce od njih starije. Pošto su planeti formirani, još je pola milijarde godina međuplanetski prostor bio ispunjen sitnijim materijalom, planetoidima, kometima i meteoroidima. O tome svjedoče krateri na površini svih krutih tijela Sunčeva sustava, a trajanje teškog bombardiranja datirano je ispitivanjem Mjeseca.

Rast divovskih planeta putem okupljanja planetezimala i velikih atmosfera bio bi predug, duži od trajanja prasuńčeve maglice. Njima je bolje prilagođen model maglice velike mase. U tom modelu, unutar rotirajućeg diska, oblikuju se prstenovi veće gustoće koji se stežu u divovske plinovite protoplanete. Dimenzije su im oko astronomske jedinice. Brzina formiranja je velika, što je svojstvo gravitacijskog stezanja, i najveće dimenzije protoplaneti postižu za oko 50.000 godina. U unutrašnjem dijelu sustava divovski plinoviti protoplaneti mogli su postojati samo vrlo rano, za vrijeme rasta Sunca. Neotporni su na sudare i raspadaju se pod plimnim djelovanjem Sunca. Fizički procesi na divovskim plinovitim protoplanetima dovode izravno do diferencijacije tvari po slojevima. Zagrijavanjem unutrašnjih dijelova gravitacijskom energijom, čvrsta se zrna tale i sedimentiraju u plinovitom sredstvu prema središtu. U središtu se protoplaneta može formirati znatna rastaljena jezgra od težih elemenata, dok je izvana akumulirana velika plinovita atmosfera. Merkur, s vrlo velikom prosječnom gustoćom (iako je najmanji od Terestričkih planeta) mogao bi biti ostatak ostataka takvog protoplaneta. Jupiter je okupio najdublju atmosferu i time se po zastupljenosti elemenata najviše približio Suncu.

Više od 95% ukupne mase zadržane u Sunčevu sustavu sadržano je u proto-Suncu. Ostatak je raspoređen između protoplaneta i protomjeseca. Važan događaj u razvoju planeta je pojava energetski izrazito snažnog zvjezdanog vjetera - T Tauri vjetar, koji u tzv. T Tauri događaju "pomeo" plinove, uglavnom vodik i helij iz atmosfere Terestričkih planeta (Merkur, Venera, Zemlja i Mars), ostavivši nakon toga planete bez atmosfere. Suprotno tome, dva najveća planeta, Jupiter i Saturn, zadržali su svoju originalnu atmosferu, dok su, s druge strane, Uran i Neptun izgubili oko 90% primarnog sadržaja vodika i helija. Informacije o Plutonu su danas nekompletne, pa se za taj planet zaključci u tom smislu ne mogu izvoditi; štoviše orbita Plutona je prilično ekscentrična. Osim toga, danas se sve više javlja ideja da Pluton uopće i nije planet, već vrsta kometa ili ogromna prljava snježna lopta. Tako se, na određeni način, može reći da je naš Sunčev sustav u biti ograničen orbitom Neptuna, koji je 30 AU udaljeno od Sunca, što znači 30 puta udaljeniji nego Zemlja.

Ako usporedimo Veneru i Zemlju, kao dva najveća Terestrička (unutrašnja) planeta sa Jupiterom i Saturnom, dva najveća Jovijanska (glavna, vanjska) planeta može se reći da sva četiri sadrže istu količinu kemijskih elemenata atomskog broja >2 (oko 10^{28} g); razlike se odnose na preostalu masu u sadržaju vodika i helija, što daje masu Jovijanskih planeta od oko 10^{30} g. Ako promatramo Uran i Neptun, masa elemenata atomskog broja >2 također je 10^{28} g, ali oni sadrže svega 10% količine vodika i helija sadržanog na Jupiteru; sukladno tome njihova je masa oko 10^{29} g.



Teorije po kojima planeti nastaju iz tvari izvučene iz Sunca, ili iz neke druge zvijezde slične Suncu, pobija kemijski sastav planeta. Planeti su nastali iz neizmijenjenog međuzvjezdanog materijala, a ne materijala koji je prethodno bio obrađen u Suncu. Kemijski sastav planeta podudara se s kemijskim sastavom međuzvjezdana materijala. Kritične su veličine omjer deuterija i vodika (protija) i udio litija. Sunčeva atmosfera ima relativno sto puta manje deuterija i litija, negoli međuzvjezdana materija, jer su to elementi i njihovi izotopi koji se prerađuju u termonuklearnim reakcijama.

Masa i gustoća planeta ne mijenja se u ovisnosti o udaljenosti od Sunca. Činjenica da neki kondenzacijski centri sadrže više, a neki manje određenog materijala podrijetla iz nebule, može objasniti mnoge razlike u veličini, kemijskom sastavu ili gustoći između finalnih produkata koje čine : Sunce, 9 planeta, 54 mjeseca i velika količina planetoida (asteroida). Niz meteorita, od željezovitih meteorita do normalnih hondrita i ugljevitih hondrita, oslikavaju na određeni način različite faze u razvoju Sunčevog sustava.