

Neptun

Acest articol se referă la planetă. Pentru alte sensuri, vedeți **Neptun** (dezambiguizare).

Neptun este a opta planeta de la Soare din sistemul solar. Numită după zeul roman al mării, este a patra planetă după diametru și a treia după masă. Neptun are o masă de 17 ori mai mare decât cea a Pământului și puțin mai mare decât masa lui Uranus, care este de 15 ori mai greu decât Pământul, dar nu la fel de dens.^[9] Neptun orbitează în jurul Soarelui la o distanță de 30,1 unități astronomice, ceea ce înseamnă că orbita sa este de aproximativ 30 de ori mai mare decât orbita Pământului. Simbolul astronomic al lui Neptun este ♆, o variantă modificată a tridentului zeului Neptun.

Neptun a fost prima planetă găsită prin calcule matematice. Planeta Neptun a fost descoperită din cauza perturbărilor gravitaționale din orbita lui Uranus care l-au condus pe Alexis Bouvard să presupună existența unei a opta planete. Neptun a fost ulterior observat pe 23 septembrie 1846^[1] de Johann Galle, la o distanță de mai puțin de un grad de poziția prezisă de calculele lui Urbain Le Verrier. La scurt timp după aceasta a fost descoperit și satelitul său Triton. Alți 12 sateliți au fost descoperiți în secolul al XX-lea. La 25 august 1989, sonda spațială *Voyager 2* a trecut prin vecinătatea planetei.

Neptun are o compoziție asemănătoare cu cea a lui Uranus, compozițiile ambelor planete fiind diferite de ale gigantilor gazoși mai mari, Jupiter și Saturn. Atmosfera lui Neptun este asemănătoare cu cea a lui Jupiter și Saturn prin faptul că este compusă în principal din hidrogen, heliu, urme de hidrocarburi și posibil azot, dar are proporții mai mari de apă, amoniac și metan. Astronomii îi clasifică uneori pe Neptun și Uranus ca „giganți de gheață” cu scopul de a sublinia aceste distincții.^[10] Interiorul lui Neptun, ca și în cazul lui Uranus, este compus în principal din roci și gheață.^[11] Urmele de metan din straturile superioare ale atmosferei, în mare parte, îi dau un aspect albastru planetei.^[12]

Spre deosebire de atmosfera uniformă a lui Uranus, Neptun are o atmosferă cu detalii vizibile ce denotă o activitate meteorologică. De exemplu, în anul 1989, când *Voyager 2* a ajuns în dreptul lui Neptun, s-a observat o pată mare întunecată, similară cu Marea Pată Roșie de pe Jupiter. Aceste fenomene meteorologice sunt produse de cele mai puternice vânturi din sistemul solar, ale căror viteze ating, conform măsurărilor, 2100 km/h.^[13] De asemenea, deoarece Neptun este departe de Soare, are una dintre cele mai reci atmosfere din sistemul solar, temperaturile pă-

turilor superioare ale norilor ajungând la $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$ (55 K). Temperatura centrului său este de aproximativ 5000 $^{\circ}\text{C}$.^{[14][15]} Neptun are un sistem de două inele care însă se observă greu și este fragmentat; existența inelelor a fost sugerată de analizele făcute asupra unor fotografii din 1968 ale planetei, dar confirmarea sigură a fost făcută abia în 1989 de către sonda *Voyager 2*.^[16]

1 Istoric

1.1 Descoperire

Desenele lui Galileo Galilei dovedesc că el este primul care a observat planeta la 28 decembrie 1612 și mai apoi la 27 ianuarie 1613. De fiecare dată, Galileo a confundat planeta cu o stea fixă, aceasta apărând foarte aproape de Jupiter (în conjuncție), pe cerul înstelat;^[17] motiv pentru care descoperirea nu i se atribuie lui. Întâmplarea face că la prima observare, cea din decembrie 1612, Neptun intrase tocmai în ziua aceea în mișcarea retrogradă (întoarcere aparentă a mersului planetei în raport cu stelele fixe, ce rezultă din combinarea mișcării planetei observate cu cea a Pământului). Din acest motiv, Neptun părea că nu se mișcă față de stele. Oricum, mișcarea planetei era prea mică pentru a fi observată cu telescopul lui Galileo.^[18] Cu toate acestea, în iulie 2009, fizicianul David Jamieson de la Universitatea din Melbourne a anunțat noi dovezi ce sugerează că Galileo își dăduse seama de faptul că „steaua” pe care o observase se mișca în raport cu stelele fixe.^[19]

În 1821, Alexis Bouvard a publicat tabele referitoare la orbita lui Uranus, planeta învecinată.^[20] Observațiile ulterioare au pus în evidență devieri considerabile față de tabele, făcându-l pe Bouvard să presupună că un corp necunoscut perturba orbita prin interacțiune gravitațională.^[21] În 1843, John Couch Adams a început să lucreze asupra orbitei lui Uranus folosind datele pe care le avea. Prin intermediul lui James Challis, directorul Observatorului din Cambridge, el a solicitat date suplimentare de la Sir George Airy, astronomul regal, care le-a furnizat în februarie 1844. Adams a continuat să lucreze în 1845-1846 și a realizat mai multe estimări diferite asupra unei noi planete.^{[22][23]}

În anii 1845-46, matematicianul francez Urbain Le Verrier, independent de Adams, și-a făcut propriile calcule, dar nu a reușit să stârnească interesul compatrioților săi. Totuși, văzând că longitudinea estimată de Le Verrier este similară cu aceea calculată de Adams, Airy l-a convins pe directorul Observatorului din Cambridge, James



Urbain Le Verrier, descoperitorul planetei Neptun.

Challis, să caute noua planetă. Challis a făcut observații în lunile august și septembrie 1846, dar căutările sale au rămas fără rezultat.^{[21][24]}

În acest timp Le Verrier i-a scris astronomului Johann Gottfried Galle de la Observatorul din Berlin, propunându-i să caute cu luneta observatorului său. Heinrich d'Arrest, un student de la observator, i-a sugerat lui Galle că planeta ar putea fi găsită prin comparație între cerul de la acel moment și un desen recent al cerului în regiunea unde trebuia să se afle planeta conform estimărilor lui Le Verrier, pentru a identifica deplasarea caracteristică a planetelor față de stelele fixe. Chiar în seara zilei în care Galle a primit scrisoarea lui Le Verrier, 23 septembrie 1846, Neptun a fost descoperit la mai puțin de 1° distanță de predicția lui Le Verrier și la 12° distanță față de cea a lui Adams. Mai târziu, Challis și-a dat și el seama că de fapt a observat planeta de două ori în august, însă nu reușise să o identifice (Neptun a fost observat la 8 și 12 august, dar din cauză că Challis nu avea o hartă a stelelor actualizată nu a fost recunoscut ca o planetă), pentru că nu căutase cu suficientă atenție.^{[21][25]}

După descoperirea planetei au existat neînțelegeri între francezi și britanici, nefiind clar cui trebuie să-i fie atribuită descoperirea. În cele din urmă, comunitatea internațională a ajuns la consensul că atât Le Verrier cât și Adams au contribuit la descoperirea lui Neptun. Cu toate acestea, în prezent lucrurile sunt reevaluate de istorici, după ce în 1998 au fost redescoperite niște documente științifice de la Observatorul Regal din Greenwich,^[26] documente furate de astronomul Olin J. Eggen, păstrate de

acesta aproape trei decenii și descoperite imediat după decesul său. După citirea documentelor, unii istorici susțin că „Adams nu merită drept egal cu Le Verrier pentru descoperirea lui Neptun. Acest drept aparține numai persoanei care a reușit atât să estimeze locul planetei cât și să convingă astronomii pentru a o căuta.”^[27] Astronomul american Dennis Rawlins pune sub semnul întrebării revendicarea lui Adams de a fi descoperit primul noua planetă și, într-un articol publicat în revista *Dio*, apreciază că este un „furt”. Nicholas Kollerstrom de la University College din Londra a afirmat în 2003 că „Adams a făcut unele calcule, dar era destul de nesigur unde anume se află Neptun.”

1.2 Denumire

La scurt timp după descoperirea sa, noua planetă nu avea o denumire, ci era denumită „planeta de dincolo de Uranus” sau „planeta lui Le Verrier”. Prima sugestie de denumire a fost cea a lui Galle, ce a propus să fie denumită *Ianus*. În Anglia, Challis a propus numele *Oceanus*.^[28]

Cerându-și dreptul de a denumi planeta descoperită de el, Le Verrier a sugerat rapid numele *Neptun*, afirmând incorect că numele a fost aprobat oficial de către Biroul Longitudinilor francez.^[29] În octombrie el s-a gândit să-i pună propriul său nume, *Le Verrier*, având pentru aceasta sprijinul lui François Arago, directorul observatorului. Această propunere a fost respinsă în afara Franței.^[30] Anuarele publicate în Franța au revenit atunci la numele *Herschel* pentru Uranus, după descoperitorul William Herschel, iar noua planetă a fost numită *Leverrier*.^[31]

La 29 decembrie 1846, astronomul Struve s-a exprimat în favoarea numelui *Neptun* în cuvântul adresat Academiei de Științe din Sankt Petersburg.^[32] Cu timpul, numele *Neptun* s-a încetățenit și a fost acceptat de comunitatea internațională. În mitologia romană, Neptun, identificat cu zeul grec Poseidon, era zeul mării. Astfel toate planetele, în afară de Pământ, poartă nume de zei din mitologia greacă și romană.^[33]

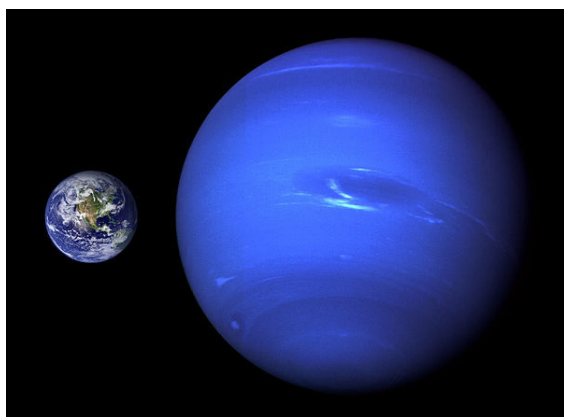
Cele mai multe limbi de astăzi, chiar și în țările care nu au legătură directă cu cultura greco-romană, utilizează câteva variante ale denumirii „Neptun” pentru planetă; în limba chineză, japoneză și coreeană, denumirea planetei a fost tradusă literal ca „steaua regele mării” (海王星), dat fiind că Neptun este zeul mărilor.^[34] În limba greacă modernă, planeta se numește *Poseidon* (Ποσειδώνας; *Poseidonas*), omologul grec al zeului Neptun.^[35]

1.3 Statut

De la descoperirea sa și până în 1930, când a fost descoperită planeta Pluto, planeta Neptun era cunoscută ca fiind cea mai îndepărtată de Soare. Însă, după descoperirea lui Pluto, Neptun a fost cea mai îndepărtată planetă doar în perioada 1979-1999, atunci când orbita elip-

tică a planetei Pluto a adus-o mai aproape de Soare decât Neptun.^[36] Însă, cu toate acestea, o dată cu descoperirea centurii Kuiper în 1992, mulți astronomi au dezbătut problema dacă Pluto ar trebui sau nu considerat o planetă, sau dacă face parte din centură.^{[37][38]} În 2006 Uniunea Astronomică Internațională a definit cuvântul planetă pentru prima dată, reclassificând planeta Pluto ca „planetă pitică”, Neptun redevenind ultima planetă din Sistemul solar.^[39]

2 Structura și compoziția



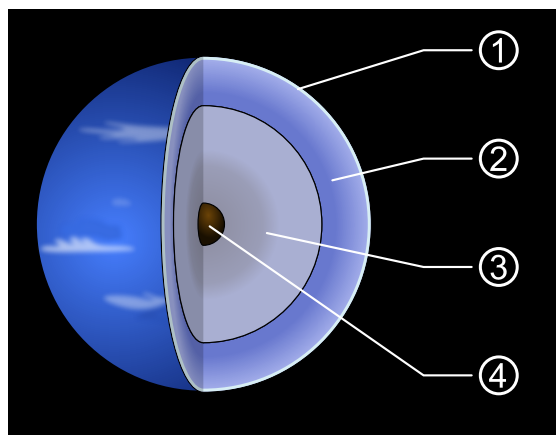
Comparație a mărimii planetei Pământ și a planetei Neptun.

Cu o masă de $1,0243 \times 10^{26}$ kg,^[4] Neptun este un corp ceresc intermediar între Pământ și giganții gazoși mai mari: masa sa fiind de șaptesprezece ori mai mare decât a Pământului, însă doar a nouăsprezecea parte din masa lui Jupiter.^[9] Accelerația gravitațională de la suprafața planetei este depășită doar de cea a lui Jupiter.^[40] Raza ecuatorială a lui Neptun fiind de 24764 km,^[6] este de aproximativ patru ori mai mare decât cea a Pământului. Planetelor Neptun și Uranus li se aplică deseori termenul de „giganți ghețoși” și sunt considerate o sub-clasă de giganți gazoși, datorită mărimii lor reduse și concentrației mai mari de elemente volatile comparativ cu Jupiter și Saturn.^[41] În cercetarea planetelor extrasolare, Neptun este folosit drept metonim, spre exemplu când corpuri cerești ce au o masă similară cu cea a planetei Neptun sunt descoperite, ele sunt numite „Neptuni”,^[42] la fel cum diverse alte corpuri extrasolare sunt numite „Jupiteri”.

2.1 Structura internă

Structura internă a lui Neptun este similară cu cea a lui Uranus. Atmosfera sa reprezintă aproximativ 5-10% din masă și se întinde pe o adâncime de 10-20% spre nucleu, unde atinge presiuni în jur de 10 GPa. În regiunile joase ale atmosferei, în concentrație mare se pot găsi metan, amoniac și apă.^[14]

Mantaua planetei ajunge la temperaturi între 2.000 K și



1. Atmosfera superioară a planetei

2. Atmosfera formată din heliu, oxigen, hidrogen și gaz metan.

3. Mantaua alcătuită din apă, amoniac și metan

4. Nucleul format din rocă și gheață.

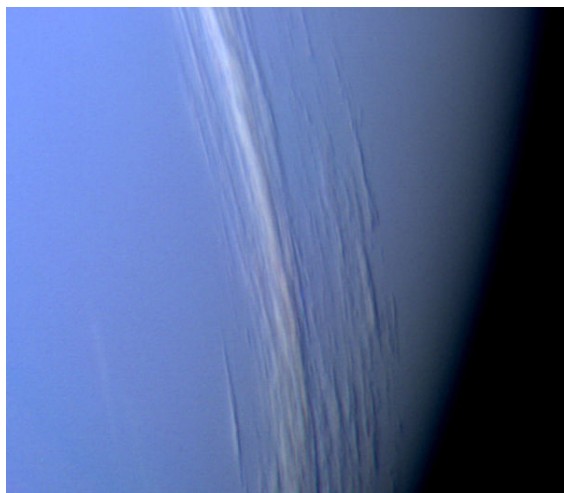
5.000 K. Mantaua lui Neptun este echivalentă cu 10-15 mase ale Pământului și este bogată în apă, amoniac și metan.^[1] Deși este un fluid dens cu temperaturi ridicate, în planetologie acest amestec este caracterizat drept „ghețos”. Acest fluid, care are o conductivitate electrică ridicată, este uneori numit și *ocean de apă-amoniac*.^[43] La o adâncime de 7000 km în manta, există posibilitatea ca metanul să se descompună în cristale de diamant care se precipită înspre nucleu.^[44] Mantaua poate consta dintr-un strat de apă ionică, în care moleculele de apă se descompun într-o supă de ioni de hidrogen și oxigen, iar mai adânc de apă superionică, în care oxigenul cristalizează, dar ionii de hidrogen plutesc liber în cadrul rețelei de oxigen.^[45]

Nucleul planetei este compus din fier, nichel și silicați fiind de 1,2 ori mai mare decât masa Pământului.^[46] Presiunea din centru este de 7 Mbar (700 GPa), aproximativ de două ori mai mare decât în centrul Pământului și temperatura ar putea fi de 5.400 K.^{[14][15]}

2.2 Atmosferă

La altitudini ridicate, atmosfera lui Neptun conține 80% hidrogen și 19% heliu.^[14] În atmosferă există și urme de metan. Benzi de absorbție proeminente corespundătoare metanului apar la lungimi de undă de peste 600 nm, în zona roșie și infraroșie a spectrului. La fel ca și în atmosfera lui Uranus, absorbția culorii roșii a luminii de către metanul atmosferic conferă o culoare în nuanțe albastre lui Neptun.^[47] Cu toate acestea, deși Neptun are culoare azurie, aceasta diferă de culoarea planetei Uranus, care se apropie de turcoaz. Deși Uranus și Neptun au un conținut similar de metan, este încă neclar dacă în compoziția atmosferei lui Neptun există și alte substanțe ce fac să difere culoarea celor două planete.^[12]

Atmosfera lui Neptun este formată din două straturi principale, troposfera - zona unde temperatura descrește oda-



Urme de nori neptunieni.

tă cu creșterea altitudinii și **stratosfera** - zona unde temperatura crește odată cu altitudinea. Limita dintre acestea, numită **tropopauză**, apare la o presiune de 0.1 bar (10 kPa).^[10] După stratosferă urmează **termosfera** ce are o presiune mai mică, de la 10^{-5} până la 10^{-4} microbari (de la 1 până la 10 Pa). Termosfera trece treptat în **exosferă**.

Anumite modele ale planetei sugerează că benzile colorate sunt nori cu compoziție diferită în funcție de altitudine. Norii de la altitudinile cele mai înalte apar doar la presiuni sub 1 bar, cu o temperatură prielnică condensării metanului. La presiuni ceva mai ridicate între 1 și 5 bari (între 100 și 500 kPa), este posibil ca norii să fie formați din amoniac și **hidrogen sulfurat**. La presiuni de peste 5 bari, se crede că ei sunt formați din amoniac, **sulfură de amoniu**, hidrogen sulfurat și apă. Norii din apă înghețată ar trebui să se găsească mai adânc, la presiuni de aproximativ 50 bari (5 MPa), unde temperatura ajunge la 0 °C. Dedeșubt, se pot găsi nori de amoniac și hidrogen sulfurat.^[48]

Sunt șiruri de nori care înconjoară planeta la o latitudine constantă. Aceste șiruri de nori au lățimi de la 50 la 150 km și plutesc la o distanță de 50–110 km deasupra plafonului de nori.^[49]

Spectrele lui Neptun sugerează că stratosfera de la o altitudine mai joasă este cețoasă, existând produși ai fotolizei ultraviolete a metanului, precum etanol și acetilena.^{[10][14]} În stratosferă există cantități mici de **monoxid de carbon** și **acid cianhidric**.^{[10][50]} Stratosfera lui Neptun este mai caldă decât a lui Uranus, din cauza concentrației ridicate de hidrocarburi.^[10]

Din motive necunoscute, termosfera planetei atinge o temperatură anormal de mare, de 750 K.^{[51][52]} Planeta este prea departe de Soare pentru ca această căldură să fie generată de radiațiile **ultraviolete**. Este posibil ca temperatura să fie ridicată din cauza interacțiunii atmosferice a ionilor din **câmpul magnetic** al planetei. O altă teorie presupune că undele gravitaționale care provin din

interior se disipează în atmosferă, încălzind-o. Pe lângă acestea, termosfera conține urme de **dioxid de carbon** și apă provenite probabil din surse externe precum praful și meteoriții.^{[48][50]}

2.3 Magnetosferă

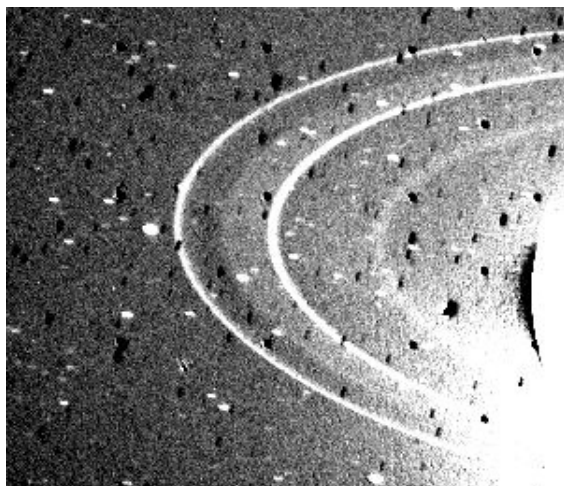
Magnetosfera lui Neptun este similară cu cea a lui Uranus, având un **câmp magnetic** foarte înclinat în raport cu axa sa de **rotație**, la 47° și un decalaj de cel puțin 0,55 raze sau 13500 km față de centrul fizic al planetei. Înainte de survolarea lui Neptun de către *Voyager 2*, se credea că magnetosfera înclinată a lui Uranus este rezultatul rotației sale înclinate. Comparând câmpurile magnetice ale celor două planete, cercetătorii consideră acum că orientarea lor extremă ar putea fi caracteristică unor fluxuri provenite din interiorul planetei. Acest câmp poate fi generat de mișcările fluide **convective** dintr-o pătură subțire de lichide cu **conductivitate electrică** (probabil o combinație de amoniac, metan și apă)^[48] rezultând astfel un efect de **dinam**.^[53]

Componenta dipolară a câmpului magnetic de la ecuatorul magnetic al lui Neptun este de aproximativ 14 **microtesla** (0,14 G).^[54] **Momentul magnetic** dipolar al lui Neptun este de aproximativ $2,2 \times 10^{17} \text{ T} \cdot \text{m}^3$ ($14 \mu\text{T} \cdot R_N^3$, unde R_N este raza lui Neptun). Câmpul magnetic al lui Neptun are o structură complexă care include contribuții relativ mari ale unor componente non-dipolare, inclusiv un moment cvadripolar ce poate depăși în putere momentul dipolar. Spre deosebire de Neptun, planetele Pământ, Jupiter și Saturn, au doar momente cvadripolare relativ mici, iar câmpurile lor sunt mai puțin înclinate față de axa polară. Momentul cvadripolar mare al lui Neptun poate fi rezultatul decalajului față de centrul planetei și al constrângerilor geometrice ale generatorului de tip dinam al câmpului.^{[55][56]}

Unda de șoc a lui Neptun, unde magnetosfera începe să încetinească **vântul solar**, este situată la o distanță de 34,9 de ori mai mare ca raza planetei. **Magnetopauza**, unde presiunea magnetosferei contrabalansează vântul solar, se află la o distanță de 23-26,5 de ori mai mare ca raza lui Neptun. Coda magnetosferei se întinde pe o distanță de cel puțin 72 de ori mai mare decât raza lui Neptun, și, foarte probabil, chiar mult mai departe.^[55]

2.4 Inele planetare

Neptun are un sistem de inele planetare, deși sunt mult mai mici decât **inelele lui Saturn**. Inelele conțin particule de gheață acoperite cu silicați sau cu substanțe pe bază de carbon, care le oferă o culoare roșiatică.^[57] Cele trei inele principale sunt Inelul Adams, la 63.000 km de la centrul lui Neptun, Inelul Le Verrier, la 53.000 km, și cel mai larg, slab conturatul Inel Galle, la 42.000 km.. Inelul Le Verrier deține și o extensie numită Lassell. Aceasta se leagă de capătul exterior al inelului Arago la aproximativ



Inelele lui Neptun (imagine transmisă de Voyager 2)

57000 km.^[58]

Primul inel planetar a fost descoperit în 1968 de o echipă condusă de **Edward Guinan**,^{[16][59]} dar mai târziu s-a considerat că acesta ar putea fi incomplet.^[60] Dovada că inelele ar putea avea lacune a apărut prima dată în timpul unei *ocultații stelare* din 1984, când inelul a acoperit o stea în imersiune, dar nu în emersiune.^[61] Imaginile realizate de *Voyager 2* în 1989 au arătat existența mai multor inele subțiri cu o structură masivă,^[62] cauza acestei structuri fiind încă neînțeleasă, dar există teorii în care se precizează că fenomenul s-ar putea datora interacțiunii gravitaționale a sateliților mici care orbitează în apropiere.^[63]

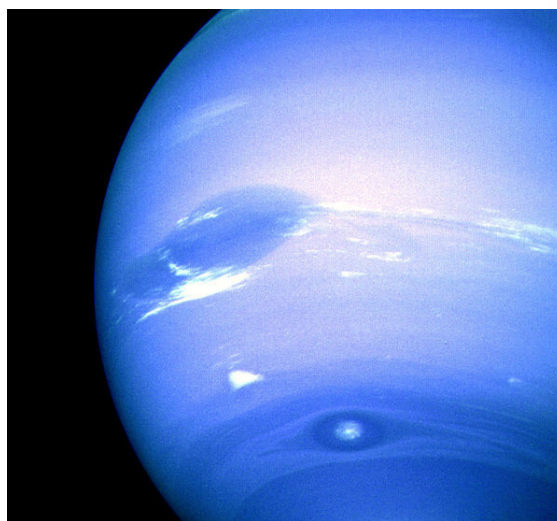
Inelul cel mai exterior, Adams, conține cinci arce numite *Courage*, *Liberté*, *Egalité 1*, *Egalité 2* și *Fraternité* (Curaj, Libertate, Egalitate și Fraternitate).^[64] Existența acestora a fost greu de explicat deoarece legile de mișcare prezic că arcele ar trebui să se împrăștie într-un inel uniform în durate scurte de timp. Astronomii consideră că arcele sunt menținute în forma actuală datorită efectelor gravitaționale create de satelitul *Galateea*, un satelit din interiorul inelului.^{[65][66]}

Observațiile de pe Pământ ale lui Neptun din 2005 au evidențiat faptul că inelele sunt mult mai instabile. Imaginile făcute la *Observatorul W. M. Keck* din 2002 și 2003 indică o descompunere considerabilă a inelelor comparativ cu imaginile făcute de *Voyager 2*. În particular se pare că arcul *Liberté* ar putea dispărea în mai puțin de un secol.^[67]

3 Climatul

Una dintre diferențele dintre Uranus și Neptun este și activitatea meteorologică. Când nava spațială *Voyager 2* a survolat planeta Uranus în 1986, aceasta era destul de calmă vizual. Dimpotrivă, Neptun prezenta fenomene meteorologice notabile în timpul survolării sale din 1989 de

către *Voyager 2*.^[68]



Marea Pată Întunecată (sus), *Scooter* (norul alb din mijloc),^[69] și *Mica Pată Întunecată* (jos), cu un contrast exagerat.

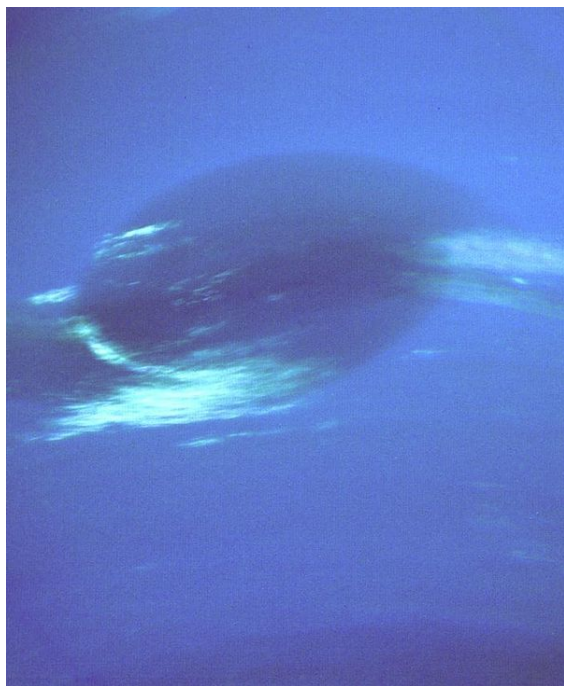
Vremea de pe Neptun este caracterizată prin sisteme de furtuni extrem de dinamice, cu vânturi ale căror viteze ating aproape 600 m/s — în preajma fluxului *supersonic*.^[13] Urmărind mișcările norilor persistenți, s-a arătat că viteza vântului variază de la 20 m/s când vântul are direcția spre est, până la 325 m/s când se mișcă spre vest.^[70] În partea superioară a norilor, viteza vânturilor variază între 400 m/s de-a lungul ecuatorului și 250 m/s la poli.^[48] Cele mai multe dintre vânturile de pe Neptun se mișcă într-o direcție opusă celei de rotație a planetei.^[71] Modelul general al vânturilor a arătat o rotație progradă la latitudini mari, contra unei rotații retrograde la latitudini mai joase. Diferența direcției fluxului este considerată a fi un "efect de suprafață", care nu se datorează vreunui alt proces atmosferic de profunzime.^[10] La 70° latitudine sudică, un jet de viteză ridicată se deplasează cu o viteză de 300 m/s.^[10]

Abundența metanului, etanului și *acetilenei* la ecuatorul lui Neptun este de 10-100 de ori mai mare decât la poli. Acest lucru este interpretat ca o dovadă pentru existența curenților ascendenți la ecuator și a curenților descendenți în apropiere de poli.^[10]

În 2007 s-a descoperit că stratul superior al troposferei lui Neptun de la polul sud este cu 10 °C mai cald decât restul planetei, unde temperatura medie este de -200 °C (70 K).^[72] Diferența de temperatură de la acest pol este suficientă pentru a permite metanului, care se află înghețat în celelalte părți ale atmosferei superioare a lui Neptun, să se scurgă sub formă de gaz în spațiu. Acest „punct cald” relativ se datorează *înclinării axei de rotație* a lui Neptun, care a expus polul sud spre *Soare* de-a lungul ultimului sfert al anului de pe Neptun, sau aproximativ 40 de ani pământești. Deoarece Neptun se deplasează încet spre partea opusă a Soarelui, polul sud se întuneacă în timp ce polul nord se iluminează, ceea ce determină ca eliberarea metanului să treacă spre polul nord.^[73]

Din cauza schimbărilor sezoniere, s-a observat că în emisfera sudică a planetei benzile de nori cresc în dimensiuni și albedo. Această tendință a fost remarcată pentru prima dată în 1980 și se așteaptă să dureze aproximativ până în 2020. Rezultatul perioadei orbitale lungi a lui Neptun este că durată anotimpurilor este de aproximativ patruzeci de ani.^[74]

3.1 Furtuni



Marea Pată Întunecată, imagine realizată de Voyager 2

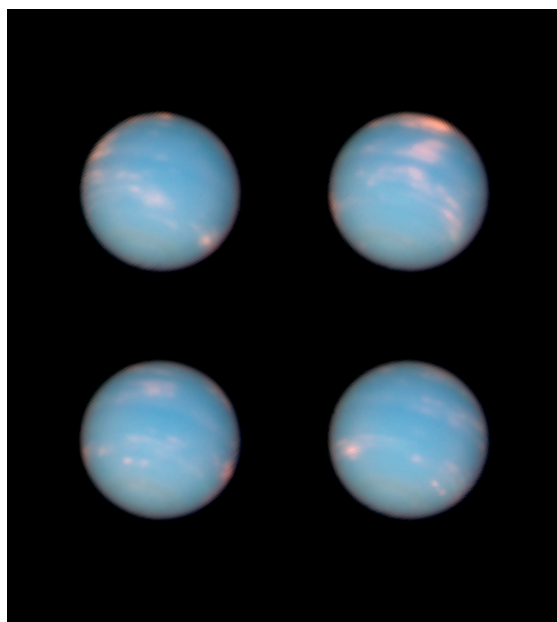
În 1989, **Marea Pată Întunecată**, un sistem de furtuni anticiclonice ce se întinde pe 13000×6600 km,^[68] a fost descoperită de sonda spațială **NASA Voyager 2**. Furtuna seamăna cu **Marea Pată Roșie** a lui Jupiter. Peste 5 ani, la 2 noiembrie 1994, **Telescopul Spațial Hubble** nu a mai observat Marea Pată Întunecată pe suprafața planetei. În schimb, o nouă furtună similară cu Marea Pată Întunecată a fost găsită în emisfera nordică a planetei.^[75]

Scooter este o altă furtună, un grup de nori albi situat mai la sud decât Marea Pată Întunecată. Ea a fost numită așa deoarece, atunci când a fost descoperită de către *Voyager 2*, se deplasa mai repede decât Marea Pată Întunecată.^[71] Imagini ulterioare au dezvăluit existența unor nori și mai rapizi. **Mica Pată Întunecată** este o furtună ciclonică din sudul planetei, a doua ca intensitate dintre furtunile observate de-a lungul tranzitării din anul 1989. Inițial s-a crezut că aceasta era complet neagră, dar când *Voyager 2* s-a apropiat de planetă, s-a observat un centru luminos vizibil pe majoritatea imaginilor cu rezoluție înaltă.^[76]

Se crede că petele întunecate ale lui Neptun apar în **troposferă** la altitudini mai joase decât norii mai albi și mai luminoși,^[77] astfel încât acestea se prezintă ca găuri

în partea superioară a norilor. Deoarece acestea sunt caracteristici stabile, care pot persista timp de câteva luni, se consideră că au structuri de **vortex**.^[49] Adesea asociați cu petele întunecate sunt norii persistenți de metan care se formează la nivelul **tropopauzei** și care sunt mai luminoși.^[78] Persistența acestor nori însoțitori arată că unele fuste pete întunecate pot continua să existe ca ciclone, chiar dacă acestea nu mai sunt vizibile ca regiuni întunecate. Petele întunecate se pot disipa atunci când migrează prea aproape de ecuator sau, posibil, printr-un alt mecanism necunoscut.^[79]

3.2 Căldura internă

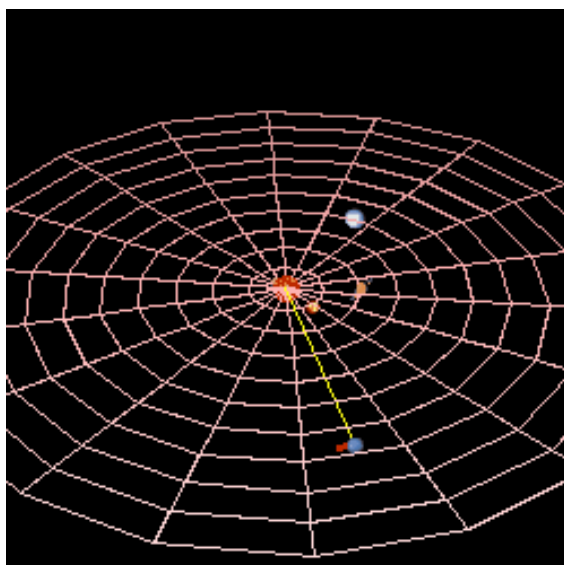


Patru imagini ale planetei Neptun realizate la ore diferite de sistemul „Wide Field Camera 3” al Telescopului Spațial Hubble al agențiilor NASA/ESA.^[80]

Se crede că vremea este mult mai variată pe Neptun comparativ cu Uranus, în mare parte din cauza **încălzirii interne** mai ridicate a celui dintâi. Deși Neptun este situat cu mult mai departe de Soare decât Uranus, primind doar 40% cantitatea de lumină primită de acesta,^[10] temperaturile de la suprafața celor două planete sunt aproape egale.^[81] Regiunile superioare ale troposferei lui Neptun ajung la o temperatură scăzută de până la $-221.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (51.7 K). La adâncimea la care presiunea atmosferică este echivalentă cu 1 bar (100 kPa), temperatura este de $-201.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (72.00 K).^[82] Coborând mai adânc în interiorul straturilor de gaz, temperatura crește în mod constant. Ca și în cazul lui Uranus, sursa acestei încălziri este necunoscută: Uranus radiază doar de 1,1 ori mai multă energie decât primește de la Soare,^[83] în timp ce Neptun radiază de 2,61 ori mai multă energie decât primește de la Soare.^[84] Neptun este cea mai îndepărtată planetă de la Soare, totuși energia sa internă este suficientă pentru a produce cele mai rapide vânturi plane-

tare observate în Sistemul Solar. Au fost sugerate câteva teorii, printre care se numără și încălzirea radiogenică a nucleului,^[81] conversia la presiuni înalte a metanului în hidrogen, diamant și **hidrocarburi** mai lungi (hidrogenul se ridică și diamantul se scufundă, eliberând **energie potențială** gravitațională)^{[81][85]} și o convecție în stratul de jos al atmosferei care ar cauza unde gravitaționale ce se sparg deasupra tropopauzei.^{[86][87]}

4 Orbita și rotația



Neptun (arcul roșu) face o revoluție completă în jurul Soarelui (centru) o dată la fiecare 164,79 revoluții ale Pământului. Obiectul albastru este Uranus.

Distanța medie dintre Neptun și Soare este de 4,50 miliarde km (aproximativ 30,1 UA), iar revoluția sa completă în jurul Soarelui durează 164,79 ani ($\pm 0,1$ ani) terestri.

La data de 11 iulie 2011, Neptun și-a încheiat prima revoluție bariocentrică completă de după descoperirea lui din 1846,^{[88][89]} deși nu s-a aflat în exact aceeași poziție pe cerul nostru ca și la data descoperirii lui, deoarece Pământul se afla într-o poziție diferită pe orbita sa anuală de 365,25 de zile. Din cauza mișcării Soarelui în raport cu centrul de greutate al Sistemului Solar, la 11 iulie 2011, Neptun nu s-a aflat nici în aceeași poziție față de Soare, în care a fost descoperit inițial; dacă se folosește sistemul de coordonate heliocentrice obișnuite, longitudinea la care a fost descoperit a fost atinsă la 12 iulie 2011.^{[2][90][91]}

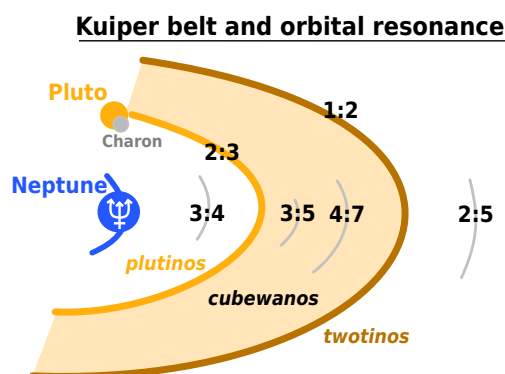
Orbita eliptică a lui Neptun este înclinată la $1,77^\circ$ în raport cu orbita Pământului. Deoarece are o **excentricitate** de 0,011, distanța dintre Neptun și Soare variază cu 101 milioane de km între **periheliu** și **afeliu**, cel mai apropiat și respectiv cel mai îndepărtat punct față de Soare, de-a lungul orbitei sale.^[92]

Înclinarea axei de rotație a lui Neptun este de $28,32^\circ$,^[93] similară cu cea a Pământului (23°) și cea a lui Marte

(25°). Datorită acestui fapt, pe planetă are loc schimbarea anotimpurilor. Perioada de revoluție foarte mare implică faptul că un anotimp pe Neptun durează aproximativ 40 de ani pământestești.^[74] Perioada sa de rotație siderală (zi) este de aproximativ 16,11 ore.^[2] Înclinarea axei sale de rotație fiind comparabilă cu cea a Pământului, variația în lungime a unei zile de pe Neptun, de-a lungul unui an, nu este deosebit de pronunțată.

Deoarece Neptun nu este un corp solid, atmosfera sa este supusă **rotației diferențiale**. Zona ecuatorială a planetei face o rotație completă în aproximativ 18 ore, aceasta fiind mai înceată decât rotația completă a câmpului magnetic, de 16,1 ore. Dimpotrivă, regiunile polare prezintă o situație contrară, perioada lor de rotație fiind de 12 ore. Rotațiile diferențiate de pe Neptun sunt cele mai pronunțate, comparativ cu alte planete din Sistemul Solar,^[94] fapt care determină existența unui vânt de forfecare latitudinal foarte puternic.^[49]

4.1 Rezonanțe orbitale



O diagramă care arată rezonanțele orbitale majore din centura Kuiper cauzate de Neptun: în regiunile evidențiate orbitează obiectele cu rezonanța de 2:3 (plutinos), obiectele „clasice”, non-rezonante, din centura Kuiper (cubewanos) și obiectele cu rezonanța de 1:2 (twotinos).

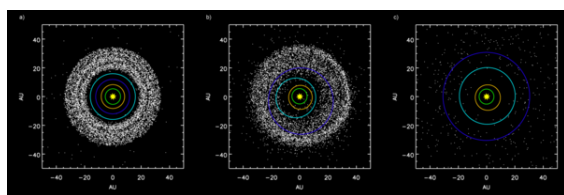
Orbita lui Neptun are un impact profund asupra regiunii de dincolo de el, cunoscută sub numele de centura Kuiper. Centura Kuiper este un inel populat cu corpuri mici și reci, fiind similar cu **centura de asteroizi**, dar cu mult mai mare, întinzându-se dincolo de orbita lui Neptun, de la 30 UA până la aproximativ 55 UA de la Soare.^[95] Precum gravitația lui Jupiter domină **centura de asteroizi**, modelând structura sa, astfel și forța de gravitație a lui Neptun domină **centura Kuiper**. De-a lungul evoluției sistemului solar, anumite regiuni ale centurii Kuiper au fost destabilizate de gravitația lui Neptun, ceea ce a condus la apariția unor goluri în structura centurii Kuiper. Un exemplu poate fi regiunea dintre 40 și 42 UA.^[96]

Între aceste regiuni goale există orbite unde obiectele pot supraviețui un timp egal cu vârsta sistemului solar. Aceste

orbite prezintă fenomene de **rezonanță orbitală** cu planeta Neptun atunci când perioada orbitală a lui Neptun este o fracțiune exactă din cea a obiectului, cum ar fi 1:2, sau 3:4. În cazul în care un obiect orbitează în jurul Soarelui o dată la fiecare două orbitări ale lui Neptun, acest obiect va parcurge doar o jumătate din orbită în timp Neptun revine la poziția sa inițială. Grupul cel mai numeros de obiecte rezonante din centura Kuiper, cu peste 200 de obiecte cunoscute,^[97] prezintă o rezonanță de 2:3. Aceste obiecte orbitează de două în jurul Soarelui pentru fiecare trei orbitări ale lui Neptun și sunt cunoscute ca obiecte de tip **plutino** (plutinoizi), deoarece cel mai mare obiect cunoscut din centura Kuiper, **Pluto**, se află printre ele.^[98] Deși Pluto traversează orbita lui Neptun în mod regulat, rezonanța de 2:3 garantează că cele două obiecte nu se pot ciocni.^[99] În raporturile de rezonanță 3:4, 3:5, 4:7 și 2:5 se întâlnesc puține obiecte.^[100]

Neptun are un număr de **troieni** care ocupă **punctul Lagrange L₄ Soare-Neptun** — o regiune stabilă gravitațional care îl precede pe orbita sa.^[101] **Troienii lui Neptun** pot fi considerați ca fiind într-o rezonanță de 1:1 cu Neptun. Unii troieni ai lui Neptun sunt deosebit de stabili în orbitele lor și este mult mai probabil ca aceștia să se fi format alături de Neptun, decât să fi fost capturați. Primul și singurul obiect identificat până acum ca fiind asociat cu Neptun în **punctul Lagrange L₅** este **2008 LC18**.^[102] Neptun are de asemenea un **quasi-satelit** temporar, **(309239) 2007 RW₁₀**.^[103] Obiectul a fost un quasi-satelit al lui Neptun în ultimii aproximativ 12.500 ani și va rămâne în această stare dinamică pentru încă 12.500 de ani. Caracteristicile lui sunt asemănătoare cu ale unui obiect capturat.^[103]

5 Formare și migrare



Simulare conformă modelului de la Nisa, reprezentând planetele exterioare și Centura Kuiper: a) înainte ca Jupiter și Saturn să fi atins rezonanța de 2:1; b) după împrăștierea obiectelor din interiorul Centurii Kuiper, ca urmare a deplasării orbitei planetei Neptun; c) după expulzarea obiectelor împrăștiate din Centura Kuiper de către Jupiter

Formarea gigantilor de gheață Neptun și Uranus este destul de dificil de modelat cu precizie. Modelele actuale sugerează că densitatea masei în regiunile de limită ale sistemului solar era prea mică pentru a permite formarea unor corpuri atât de mari prin metoda tradițional acceptată a **acreției** nucleului, fiind propuse diverse alte ipoteze pentru a explica apariția lor. Una dintre ele presupune că giganții de gheață nu s-au format prin acreția nucleului, ci

din instabilitățile apărute în cadrul **discului protoplanetar** inițial, atmosfera lor fiind spulberată ulterior de radiația unei **stele OB** din apropiere.^[104]

O teorie alternativă presupune că ei s-au format de fapt în apropierea Soarelui, unde densitatea materiei era mai mare, și apoi au **migrat** spre locul unde se află acum orbitele lor actuale, după eliminarea discului protoplanetar gazos.^[105] Această ipoteză a migrației după formare este favorizată în prezent, datorită capacității sale de a explica mai bine apariția obiectelor mici, observate în regiunea transneptuniană.^[106] Teoria care la momentul actual este cel mai larg acceptată,^{[107][108][109]} explicând detaliile acestei ipoteze, este cunoscută sub numele de **modelul de la Nisa** și studiază efectul migrației lui Neptun și a celorlalte planete gigante asupra structurii centurii Kuiper.

6 Sateliți



Neptun (sus) și Triton (jos)

Planeta Neptun are 13 **sateți naturali** cunoscuți.^[4] Cel mai mare satelit este **Triton**, cuprinzând peste 99,5% din masa totală care gravitează în jurul lui Neptun^[110] și este unicul suficient de masiv ca să capete o formă sferoidală. A fost descoperit de către **William Lassell** la doar 17 zile după descoperirea planetei Neptun. Spre deosebire de toți ceilalți sateți din **Sistemul solar**, Triton are o orbită retrogradă, ceea ce indică faptul că mai degrabă a fost capturat decât s-a format împreună cu Neptun; probabil că inițial a fost o **planetă pitică** din **centura Kuiper**.^[111] Este destul de aproape de Neptun pentru a avea o **rotație sincronă** iar traiectoria sa are forma unei spirale lente spre interior din cauza **acceleerației mareelor**. Acesta va fi dezintegrat în cele din urmă, peste circa 3,6 miliarde de ani, atunci când va atinge **limita Roche**.^[112] În 1989, Triton era cel mai rece dintre obiectele din Sistemul solar a căror temperatură fusese măsurată până la acea dată,^[113] având o temperatură de aproximativ -235°C (38 K).^[114]

Al doilea satelit al lui Neptun, în ordinea descoperirii, este satelitul neregulat **Nereida**, care are una dintre cele mai **excentrice** orbite comparativ cu orbitele tuturor celorlalți

sateliți cunoscuți din Sistemul solar. Excentricitatea de 0,7512 face ca distanța față de Neptun să fie de șapte ori mai mare la **apocentru** decât la **pericentru**.^[115]

Între iulie și septembrie 1989, sonda spațială *Voyager 2* a descoperit 6 sateliți noi ai planetei Neptun.^[55] Dintre aceștia, satelitul cu formă neregulată **Proteus** este notabil prin faptul că are dimensiunea maximă pe care o poate avea un corp de densitatea acestuia, fără a căpăta o formă sferică sub efectul propriei forțe de gravitație.^[116] Deși el este al doilea satelit ca mărime al lui Neptun, masa lui este numai 0,25% din masa lui Triton. Cei patru **sateliți interiori** ai lui Neptun — **Naiada**, **Thalassa**, **Despina** și **Galatea** — orbitează suficient de aproape pentru a fi în interiorul inelelor lui Neptun. Următorul satelit (ca distanță față de Neptun), **Larissa**, a fost descoperit în 1981, când a ocultat o stea. Această ocultație a fost atribuită inițial arcelor inelelor, dar când *Voyager 2* a făcut observații asupra lui Neptun, în 1989, s-a constatat că ea a fost cauzată de satelit. Alți 5 sateliți neregulați ai lui Neptun au fost descoperiți între 2002 și 2003, descoperirea lor fiind publicată în 2004.^{[117][118]} Deoarece Neptun a fost zeul roman al mării, sateliții lui au fost denumiți de asemenea după divinități marine mai puțin cunoscute.^[33]

7 Observare

Planeta Neptun nu este vizibilă cu ochiul liber, având o luminozitate situată între **magnitudinile** de +7,7 și +8,^{[4][8]} care poate fi depășită de **sateliții galileeni** ai lui Jupiter, planeta pitică **Ceres** și **asteroizii** 4 **Vesta**, 2 **Pallas**, 7 **Iris**, 3 **Juno** și 6 **Hebe**.^[119] Printr-un telescop sau binoclu puternic, Neptun poate fi observat ca un mic disc albastru, aspectul fiind similar cu cel al lui Uranus.^[120]

Din cauza distanței mari dintre Neptun și Pământ, **diametru unghiular** al planetei variază numai între 2,2 și 2,4 **secunde de arc**,^{[4][8]} fiind cel mai mic printre planetele sistemului solar. Dimensiunile aparente reduse au constituit o provocare pentru studierea sa vizuală. Datele furnizate de telescoape au fost destul de limitate până la apariția **Telescopului Spațial Hubble** și a telescoapelor terestre mai mari, cu **sisteme optice adaptive**.^{[121][122]}

Privit de pe Pământ, Neptun efectuează o **mişcare retrogradă** aparentă la fiecare 376 de zile, având ca rezultat deplasarea în buclă în raport cu stelele din fundal cu ocazia fiecărei **opoziiții**. Aceste bucle l-au condus în apropiere de coordonatele descoperirii lui din 1846, în aprilie și iulie 2010 și din nou în octombrie și noiembrie 2011.^[91]

Observarea lui Neptun în banda de frecvență radio arată că planeta este atât o sursă de emisie continuă, cât și de explozii neregulate. Se crede că ambele surse provin din câmpul magnetic rotativ al planetei.^[48] În spectrul **infraroșu**, furtunile de pe Neptun apar mai luminoase în raport cu fundalul rece, permițând urmărirea mai ușoară a dimensiunii și formei acestor caracteristici.^[123]

8 Explorare



Imagine-mosaic a lui Triton realizată de Voyager 2

Voyager 2 s-a aflat cel mai aproape de Neptun la 25 august 1989. Deoarece aceasta a fost ultima planetă mare pe care nava spațială a putut-o vizita, s-a decis ca aceasta să efectueze un zbor în apropierea satelitului planetei, Triton, indiferent de consecințele asupra traiectoriei, în mod similar cu ceea ce a făcut și *Voyager 1*, când s-a aflat lângă **Saturn**, trecând prin apropierea lui **Titan**. Imaginile transmise înapoi pe Pământ de *Voyager 2* au devenit subiectul de bază al unui program din 1989 al canalului american de televiziune PBS pe parcursul întregii nopți, *Neptune All Night*.^[124]

În timpul când se afla în apropierea planetei Neptun, pentru ca semnalele să ajungă pe Pământ de la nava spațială erau necesare 246 minute. Prin urmare, misiunea *Voyager 2* s-a bazat, în cea mai mare parte, pe comenzi pre-încărcate pentru întâlnirea cu Neptun. Nava spațială a efectuat un survol prin apropierea satelitului **Nereida** înainte să ajungă la 4400 de km de atmosfera lui Neptun, la 25 august, iar mai târziu a trecut prin apropierea celui mai mare satelit a planetei, **Triton**, în aceeași zi.^[125]

Nava spațială a verificat existența unui câmp magnetic în jurul planetei și a descoperit că acest câmp este decalat față de centru și înclinat într-un mod similar cu câmpul din jurul lui Uranus. Problema perioadei de rotație a planetei a fost clarificată prin măsurători ale emisiilor radio. *Voyager 2* a arătat de asemenea că Neptun avea un sistem meteorologic surprinzător de activ. Au fost descoperiți șase sateliți noi și s-a confirmat că planeta are mai mult de un inel.^{[55][125]}

În 2003, a existat o propunere către „Vision Missions Studies” de la NASA de a implementa o misiune „**Neptune Orbiter cu Sonde**”, asemănătoare misiunii *Cassini-Huygens*, fără energie electrică sau propulsie pe bază de fisiune. Munca se desfășoară în colaborare

cu JPL și Institutul de Tehnologie din California (Caltech).^[126]

9 Note

- [1] Hamilton, Calvin J. (4 august 2001). „Neptune”. Views of the Solar System. <http://www.solarviews.com/eng/neptune.htm>. Accesat la 12 Noiembrie, 2011.
- [2] Munsell, K.; Smith, H.; Harvey, S. (13 noiembrie 2007). „Neptune: Facts & Figures”. NASA. <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Neptune&Display=Facts>. Accesat la 14 august 2007.
- [3] Seligman, Courtney. „Rotation Period and Day Length”. <http://cseligman.com/text/sky/rotationvsday.htm>. Accesat la 13 august 2009.
- [4] Williams, David R. (1 septembrie 2004). „Neptune Fact Sheet”. NASA. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/neptunefact.html>. Accesat la 14 august 2007.
- [5] „The MeanPlane (Invariable plane) of the Solar System passing through the barycenter”. 3 aprilie 2009. <http://home.surewest.net/kheider/astro/MeanPlane.gif>. Accesat la 10 aprilie 2009. (produced with Solex 10 written by Aldo Vitagliano; see also Invariable plane)
- [6] Seidelmann, P. Kenneth; Archinal, B. A.; A'hearn, M. F. et al. (2007). „Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006”. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* **98** (3): 155–180. doi:10.1007/s10569-007-9072-y. Bibcode: 2007CeMDA..98..155S.
- [7] Se referă la nivelul de presiune atmosferică de 1 bar
- [8] Espenak, Fred (20 iulie 2005). „Twelve Year Planetary Ephemeris: 1995–2006”. NASA. <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/TYPE/TYPE.html>. Accesat la 1 martie 2008.
- [9] Masa planetei Pământ este $5,9736 \times 10^{24}$ kg, oferind un raport de masă de:

$$\frac{M_{Neptun}}{M_{Terra}} = \frac{1,02 \times 10^{26}}{5,97 \times 10^{24}} = 17,09$$

Masa lui Uranus este $8,6810 \times 10^{25}$ kg, oferind un raport de masă de:

$$\frac{M_{Uranus}}{M_{Terra}} = \frac{8,68 \times 10^{25}}{5,97 \times 10^{24}} = 14,54$$

Masa lui Jupiter este $1,8986 \times 10^{27}$ kg, oferind un raport de masă de:

$$\frac{M_{Jupiter}}{M_{Neptun}} = \frac{1,90 \times 10^{27}}{1,02 \times 10^{26}} = 18,63$$

Vezi: Williams, David R. (29 noiembrie 2007). „Planetary Fact Sheet – Metric”. NASA. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>. Accesat la 13 martie 2008.
- [10] Lunine, Jonathan I. (1 septembrie 1993). „The Atmospheres of Uranus and Neptune”. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **31**: 217–263. doi:10.1146/annurev.aa.31.090193.001245. Bibcode: 1993ARA&A..31..217L.
- [11] Podolak, M.; Weizman, A.; Marley, M. (1 decembrie 1995). „Comparative models of Uranus and Neptune”. *Planetary and Space Science* **43** (12): 1517–1522. doi:10.1016/0032-0633(95)00061-5. Bibcode: 1995P&SS...43.1517P.
- [12] Munsell, Kirk; Smith, Harman; Harvey, Samantha (13 noiembrie 2007). „Neptune overview”. *Solar System Exploration*. NASA. <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Neptune&Display=OverviewLong>. Accesat la 20 februarie 2008.
- [13] Suomi, V. E. (1991). „High Winds of Neptune: A possible mechanism”. *Science* **251** (4996): 929–932. doi:10.1126/science.251.4996.929. PMID 17847386. Bibcode: 1991Sci...251..929S.
- [14] Hubbard, W. B. (1997). „Neptune's Deep Chemistry”. *Science* **275** (5304): 1279–1280. doi:10.1126/science.275.5304.1279. PMID 9064785.
- [15] Nettelmann, N.; French, M.; Holst, B.; Redmer, R.. „Interior Models of Jupiter, Saturn and Neptune” (PDF). University of Rostock. <https://www.gsi.de/informationen/wti/library/plasma2006/PAPERS/TT-11.pdf>. Accesat la 25 februarie 2008.
- [16] Wilford, John N. (10 iunie 1982). „Data Shows 2 Rings Circling Neptune”. *The New York Times*. <http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?sec=technology&res=950DE3D71F38F933A25755C0A964948260&n=Top/News/Science/Topics/Space>. Accesat la 29 februarie 2008.
- [17] Hirschfeld, Alan (2001). *Parallax: The Race to Measure the Cosmos*. New York, New York: Henry Holt. ISBN 978-0-8050-7133-7
- [18] Littmann, Mark; Standish, E. M. (2004). *Planets Beyond: Discovering the Outer Solar System*. Courier Dover Publications. ISBN 978-0-486-43602-9
- [19] Britt, Robert Roy (2009). „Galileo discovered Neptune, new theory claims”. MSNBC News. <http://www.msnbc.msn.com/id/31835303>. Accesat la 10 iulie 2009.
- [20] Bouvard, A. (1821). *Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France*. Paris: Bachelier
- [21] Airy, G. B. (13 noiembrie 1846). „Account of some circumstances historically connected with the discovery of the planet exterior to Uranus”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **7**: 121–144. Bibcode: 1846MNRAS...7..121A.
- [22] O'Connor, John J.; Robertson, Edmund F. (2006). „John Couch Adams' account of the discovery of Neptune”. University of St Andrews. http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~{ }history/Extras/Adams_Neptune.html. Accesat la 18 februarie 2008.
- [23] Adams, J. C. (13 noiembrie 1846). „Explanation of the observed irregularities in the motion of Uranus, on the hypothesis of disturbance by a more distant planet”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **7**: 149. Bibcode: 1846MNRAS...7..149A.

- [24] Challis, Rev. J. (13 noiembrie 1846). „Account of observations at the Cambridge observatory for detecting the planet exterior to Uranus”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **7**: 145–149. Bibcode: 1846MNRAS...7..145C.
- [25] Galle, J. G. (13 noiembrie 1846). „Account of the discovery of the planet of Le Verrier at Berlin”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **7**: 153. Bibcode: 1846MNRAS...7..153G.
- [26] Kollerstrom, Nick (2001). „Neptune’s Discovery. The British Case for Co-Prediction.”. University College London. Există o versiune arhivată la 11 noiembrie 2005. <http://web.archive.org/web/20051111190351/http://www.ucl.ac.uk/sts/nk/neptune/>. Accesat la 19 martie 2007.
- [27] William Sheehan, Nicholas Kollerstrom, Craig B. Waff (1 decembrie 2004). „The Case of the Pilfered Planet – Did the British steal Neptune?”. *Scientific American*. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-case-of-the-pilfered>. Accesat la 20 ianuarie 2011.
- [28] Moore (2000):206
- [29] Littmann (2004):50
- [30] Baum & Sheehan (2003):109–110
- [31] Gingerich, Owen (1958). „The Naming of Uranus and Neptune”. *Astronomical Society of the Pacific Leaflets* **8**: 9–15. Bibcode: 1958ASPL....8....9G.
- [32] Hind, J. R. (1847). „Second report of proceedings in the Cambridge Observatory relating to the new Planet (Neptune)”. *Astronomische Nachrichten* **25** (21): 309. doi:10.1002/asna.18470252102.
- [33] Blue, Jennifer (17 decembrie 2008). „Planet and Satellite Names and Discoverers”. USGS. <http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/Planets>. Accesat la 18 februarie 2008.
- [34] „Planetary linguistics”. [nineplanets.org. http://nineplanets.org/days.html](http://nineplanets.org/nineplanets.org/days.html). Accesat la 8 aprilie 2010.
- [35] „Greek Names of the Planets”. <http://www.greek-names.info/greek-names-of-the-planets/>. Accesat la 14 iulie 2012. „Neptune or Poseidon as is its Greek name, was the God of the Seas. It is the eight planet from the sun...” See also the Greek article about the planet.
- [36] Tony Long (21 ianuarie 2008). „Jan. 21, 1979: Neptune Moves Outside Pluto’s Wacky Orbit”. *Wired*. Există o versiune arhivată la 5 decembrie 2012. <https://archive.is/EaiZ>. Accesat la 13 martie 2008.
- [37] Weissman, Paul R.. „The Kuiper Belt”. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*. doi:10.1146/annurev.aa.33.090195.001551. Bibcode: 1995ARA&A...33..327W.
- [38] „The Status of Pluto:A clarification”. *International Astronomical Union, Press release*. 1999. Există o versiune arhivată la 15 iunie 2006. http://web.archive.org/web/20060615200253/http://www.iau.org/STATUS_OF_PLUTO.238.0.html. Accesat la 25 mai 2006.
- [39] „IAU 2006 General Assembly: Resolutions 5 and 6” (PDF). IAU. 24 august 2006. http://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf.
- [40] Unsöld, Albrecht; Baschek, Bodo (2001). *The New Cosmos: An Introduction to Astronomy and Astrophysics* (ed. 5th). Springer. p. 47. ISBN 978-3-540-67877-9 See Table 3.1.
- [41] Vezi de exemplu: Boss, Alan P. (2002). „Formation of gas and ice giant planets”. *Earth and Planetary Science Letters* **202** (3–4): 513–523. doi:10.1016/S0012-821X(02)00808-7. Bibcode: 2002E&PSL.202..513B.
- [42] Lovis, C.; Mayor, M.; Alibert Y.; Benz W. (18 mai 2006). „Trio of Neptunes and their Belt”. ESO. <http://www.eso.org/public/news/eso0618/>. Accesat la 25 februarie 2008.
- [43] Atreya, S. (2006). „Water-ammonia ionic ocean on Uranus and Neptune?” (pdf). *Geophysical Research Abstracts* **8**: 05179. <http://www.cosis.net/abstracts/EGU06/05179/EGU06-J-05179-1.pdf>.
- [44] Kerr, Richard A. (1999). „Neptune May Crush Methane Into Diamonds”. *Science* **286** (5437): 25. doi:10.1126/science.286.5437.25a. PMID 10532884.
- [45] Weird water lurking inside giant planets, New Scientist, 1 September 2010, Magazine issue 2776.
- [46] Podolak, M. (1995). „Comparative models of Uranus and Neptune”. *Planetary and Space Science* **43** (12): 1517–1522. doi:10.1016/0032-0633(95)00061-5. Bibcode: 1995P&SS...43.1517P.
- [47] Crisp, D.; Hammel, H. B. (14 iunie 1995). „Hubble Space Telescope Observations of Neptune”. Hubble News Center. <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1995/09/image/a/>. Accesat la 22 aprilie 2007.
- [48] Elkins-Tanton (2006):79–83.
- [49] Max, C. E. (2003). „Cloud Structures on Neptune Observed with Keck Telescope Adaptive Optics”. *The Astronomical Journal*, **125** (1): 364–375. doi:10.1086/344943. Bibcode: 2003AJ....125...364M.
- [50] Encrenaz, Thérèse (1 februarie 2003). „ISO observations of the giant planets and Titan: what have we learnt?”. *Planetary and Space Science* **51** (2): 89–103. doi:10.1016/S0032-0633(02)00145-9. Bibcode: 2003P&SS...51...89E.
- [51] Broadfoot, A.L. (1999). „Ultraviolet Spectrometer Observations of Neptune and Triton” (pdf). *Science* **246** (4936): 1459–1456. doi:10.1126/science.246.4936.1459. PMID 17756000. Bibcode: 1989Sci...246.1459B. http://www-personal.umich.edu/~{ }atreya/Articles/1989_Voyager_UV_Spectrometer.pdf.
- [52] Herbert, Floyd; Sandel, Bill R. (august–septembrie 1999). „Ultraviolet observations of Uranus and Neptune”. *Planetary and Space Science* **47** (8–9): 1,119–1,139. doi:10.1016/S0032-0633(98)00142-1. Bibcode: 1999P&SS...47.1119H.

- [53] Stanley, Sabine (11 martie 2004). „Convective-region geometry as the cause of Uranus' and Neptune's unusual magnetic fields”. *Nature* **428** (6979): 151–153. doi:10.1038/nature02376. PMID 15014493. Bibcode: 2004Natur.428..151S.
- [54] Connerney, J.E.P. (1991). „The magnetic field of Neptune”. *Journal of Geophysics Research* **96**: 19,023–42. Bibcode: 1991JGR....9619023C.
- [55] Ness, N. F. (1989). „Magnetic Fields at Neptune”. *Science* **246** (4936): 1473–1478. doi:10.1126/science.246.4936.1473. PMID 17756002. Bibcode: 1989Sci...246.1473N.
- [56] Russell, C. T.; Luhmann, J. G. (1997). „Neptune: Magnetic Field and Magnetosphere”. University of California, Los Angeles. http://www-ssc.igpp.ucla.edu/personnel/russell/papers/nep_mag.html. Accesat la 10 august 2006.
- [57] Cruikshank (1996):703–804
- [58] Blue, Jennifer (8 decembrie 2004). „Nomenclature Ring and Ring Gap Nomenclature”. *Gazetteer of Planetary*. USGS. <http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/Rings>. Accesat la 28 februarie 2008.
- [59] Guinan, E. F. (1982). „Evidence for a Ring System of Neptune”. *Bulletin of the American Astronomical Society* **14**: 658. Bibcode: 1982BAAS...14..658G.
- [60] Goldreich, P. (1986). „Towards a theory for Neptune's arc rings”. *Astronomical Journal* **92**: 490–494. doi:10.1086/114178. Bibcode: 1986AJ....92..490G.
- [61] Nicholson, P. D. et al. (1990). „Five Stellar Occultations by Neptune: Further Observations of Ring Arcs”. *Icarus* **87** (1): 1. doi:10.1016/0019-1035(90)90020-A. Bibcode: 1990Icar...87....1N.
- [62] „Missions to Neptune”. The Planetary Society. 2007. Există o versiune arhivată la 8 februarie 2006. http://web.archive.org/web/20060208140155/http://www.planetary.org/explore/topics/our_solar_system/neptune/missions.html. Accesat la 11 octombrie 2007.
- [63] Wilford, John Noble (15 decembrie 1989). „Scientists Puzzled by Unusual Neptune Rings”. *Hubble News Desk*. <http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=950DE7DA1030F936A25751C1A96F948260>. Accesat la 29 februarie 2008.
- [64] Cox, Arthur N. (2001). *Allen's Astrophysical Quantities*. Springer. ISBN 0-387-98746-0
- [65] Munsell, Kirk; Smith, Harman; Harvey, Samantha (13 noiembrie 2007). „Planets: Neptune: Rings”. *Solar System Exploration*. NASA. <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Neptune&Display=Rings>. Accesat la 29 februarie 2008.
- [66] Salo, Heikki (1998). „Neptune's Partial Rings: Action of Galatea on Self-Gravitating Arc Particles”. *Science* **282** (5391): 1102–1104. doi:10.1126/science.282.5391.1102. PMID 9804544. Bibcode: 1998Sci...282.1102S.
- [67] Staff (26 martie 2005). „Neptune's rings are fading away”. *New Scientist*. <http://www.newscientist.com/article/mg18524925.900>. Accesat la 6 august 2007.
- [68] Lavoie, Sue (16 februarie 2000). „PIA02245: Neptune's blue-green atmosphere”. NASA JPL. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02245>. Accesat la 28 februarie 2008.
- [69] Lavoie, Sue (8 ianuarie 1998). „PIA01142: Neptune Scooter”. NASA. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01142>. Accesat la 26 martie 2006.
- [70] Hammel, H. B. (1989). „Neptune's wind speeds obtained by tracking clouds in *Voyager 2* images”. *Science* **245** (4924): 1367–1369. doi:10.1126/science.245.4924.1367. PMID 17798743. Bibcode: 1989Sci...245.1367H.
- [71] Burgess (1991):64–70.
- [72] Orton, G. S., Encrenaz T., Leyrat C., Puetter, R. and Friedson, A. J. (2007). „Evidence for methane escape and strong seasonal and dynamical perturbations of Neptune's atmospheric temperatures”. *Astronomy and Astrophysics* **473**: L5–L8. doi:10.1051/0004-6361:20078277. Bibcode: 2007A&A...473L...5O.
- [73] Orton, Glenn; Encrenaz, Thérèse (18 septembrie 2007). „A Warm South Pole? Yes, On Neptune!”. ESO. <http://www.eso.org/public/news/eso0741/>. Accesat la 20 septembrie 2007.
- [74] Villard, Ray; Devitt, Terry (15 mai 2003). „Brighter Neptune Suggests A Planetary Change Of Seasons”. Hubble News Center. <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2003/17/text/>. Accesat la 26 februarie 2008.
- [75] Hammel, H. B. (1995). „Hubble Space Telescope Imaging of Neptune's Cloud Structure in 1994”. *Science* **268** (5218): 1740–1742. doi:10.1126/science.268.5218.1740. PMID 17834994. Bibcode: 1995Sci...268.1740H.
- [76] Lavoie, Sue (29 ianuarie 1996). „PIA00064: Neptune's Dark Spot (D2) at High Resolution”. NASA JPL. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00064>. Accesat la 28 februarie 2008.
- [77] S. G., Gibbard (2003). „The altitude of Neptune cloud features from high-spatial-resolution near-infrared spectra” (PDF). *Icarus* **166** (2): 359–374. doi:10.1016/j.icarus.2003.07.006. Bibcode: 2003Icar..166..359G. http://cips.berkeley.edu/research/depater_altitude.pdf. Accesat la 26 februarie 2008.
- [78] Stratman, P. W. (2001). „EPIC Simulations of Bright Companions to Neptune's Great Dark Spots” (PDF). *Icarus* **151** (2): 275–285. doi:10.1006/icar.1998.5918. Bibcode: 1998Icar..132..239L. <http://www.lpl.arizona.edu/~{ }showman/publications/stratman-et-al-2001.pdf>. Accesat la 26 februarie 2008.
- [79] Sromovsky, L. A. (2000). „The unusual dynamics of new dark spots on Neptune”. *Bulletin of the American Astronomical Society* **32**: 1005. Bibcode: 2000DPS....32.0903S.

- [80] „Happy birthday Neptune”. ESA/Hubble. <http://www.spacetelescope.org/images/ann1115a/>. Accesat la 13 iulie 2011.
- [81] Williams, Sam (24 noiembrie 2004) (DOC). *Heat Sources Within the Giant Planets*. UC Berkeley. http://www.cs.berkeley.edu/~{ }samw/research/projects/ay249/z_heat_sources/Paper_small.doc. Accesat la 20 februarie 2008.
- [82] Lindal, Gunnar F. (1992). „The atmosphere of Neptune – an analysis of radio occultation data acquired with Voyager 2”. *Astronomical Journal* **103**: 967–982. doi:10.1086/116119. Bibcode: 1992AJ....103..967L.
- [83] „Class 12 – Giant Planets – Heat and Formation”. 3750 – Planets, Moons & Rings. Colorado University, Boulder. 2004. <http://lasp.colorado.edu/~{ }bagenal/3750/ClassNotes/Class12/Class12.html>. Accesat la 13 martie 2008.
- [84] Pearl, J. C. (1991). „The albedo, effective temperature, and energy balance of Neptune, as determined from Voyager data”. *Journal of Geophysical Research Supplement* **96**: 18,921–18,930. Bibcode: 1991JGR....9618921P.
- [85] Scandolo, Sandro (2003). „The Centers of Planets”. *American Scientist* **91** (6): 516. doi:10.1511/2003.6.516.
- [86] McHugh, J. P. (1999). „Computation of Gravity Waves near the Tropopause”. *American Astronomical Society, DPS meeting No. 31, #53.07* **31**. Bibcode: 1999DPS....31.5307M.
- [87] McHugh, J. P. (1996). „Neptune’s Energy Crisis: Gravity Wave Heating of the Stratosphere of Neptune”. *Bulletin of the American Astronomical Society*: 1078. Bibcode: 1996DPS....28.0507L.
- [88] McKie, Robin (9 iulie 2011). „Neptune’s first orbit: a turning point in astronomy”. *The Guardian*. <http://www.guardian.co.uk/science/2011/jul/10/neptune-orbit-anniversary-astronomy>.
- [89] „Neptune Completes First Orbit Since Discovery: 11th July 2011 (at 21:48 U.T.±15min)”. 1 iulie 2011. <http://azureworld.blogspot.com/2011/07/neptune-completes-first-orbit-since.html>. Accesat la 10 iulie 2011.
- [90] Nancy Atkinson (26 august 2010). „Clearing the Confusion on Neptune’s Orbit”. Universe Today. <http://www.universetoday.com/72088/clearing-the-confusion-on-neptune%E2%80%99s-orbit/>. Accesat la 10 iulie 2011. (Bill Folkner at JPL)
- [91] Anonymous (16 noiembrie 2007). „Horizons Output for Neptune 2010–2011”. <http://home.surewest.net/kheider/astro/nept2011.txt>. Accesat la 25 februarie 2008.— Numbers generated using the Solar System Dynamics Group, Horizons On-Line Ephemeris System.
- [92] Yeomans, Donald K.. „HORIZONS Web-Interface for Neptune Barycenter (Major Body=8)”. JPL Horizons On-Line Ephemeris System. http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi?find_body=1&body_group=mb&sstr=8. Accesat la 8 august 2007. At the site, go to the “web interface” then select “Ephemeris Type: Elements”, “Target Body: Neptune Barycenter” and “Center: Sun”.
- [93] Williams, David R. (6 ianuarie 2005). „Planetary Fact Sheets”. NASA. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html>. Accesat la 28 februarie 2008.
- [94] Hubbard, W. B. (1991). „Interior Structure of Neptune: Comparison with Uranus”. *Science* **253** (5020): 648–651. doi:10.1126/science.253.5020.648. PMID 17772369. Bibcode: 1991Sci...253..648H.
- [95] Stern, S. Alan; Colwell, Joshua E. (1997). „Collisional Erosion in the Primordial Edgeworth-Kuiper Belt and the Generation of the 30–50 AU Kuiper Gap”. *The Astrophysical Journal* (Geophysical, Astrophysical, and Planetary Sciences, Space Science Department, Southwest Research Institute) **490** (2): 879–882. doi:10.1086/304912. Bibcode: 1997ApJ...490..879S.
- [96] Petit, Jean-Marc; Morbidelli, Alessandro; Valsecchi, Giovanni B. (1998). „Large Scattered Planetesimals and the Excitation of the Small Body Belts” (PDF). <http://www.oa.eu/morby/papers/6166a.pdf>. Accesat la 23 iunie 2007.
- [97] „List Of Transneptunian Objects”. Minor Planet Center. <http://www.minorplanetcenter.org/iau/lists/TNOs.html>. Accesat la 25 octombrie 2010.
- [98] Jewitt, David (2004). „The Plutinos”. UCLA. <http://www2.ess.ucla.edu/~{ }jewitt/kb/plutino.html>. Accesat la 28 februarie 2008.
- [99] Varadi, F. (1999). „Periodic Orbits in the 3:2 Orbital Resonance and Their Stability”. *The Astronomical Journal* **118** (5): 2526–2531. doi:10.1086/301088. Bibcode: 1999AJ....118.2526V.
- [100] John Davies (2001). *Beyond Pluto: Exploring the outer limits of the solar system*. Cambridge University Press. pp. 104. ISBN 0-521-80019-6
- [101] Chiang, E. I. (2003). „Resonance Occupation in the Kuiper Belt: Case Examples of the 5 : 2 and Trojan Resonances”. *The Astronomical Journal* **126**: 430–443. doi:10.1086/375207. Bibcode: 2003AJ....126..430C.
- [102] Sheppard, Scott S. (10 septembrie 2010). „Detection of a Trailing (L5) Neptune Trojan”. *Science* **329** (5997): 1304. doi:10.1126/science.1189666. PMID 20705814. Bibcode: 2010Sci...329.1304S.
- [103] de la Fuente Marcos & de la Fuente Marcos (2012). „(309239) 2007 RW10: a large temporary quasi-satellite of Neptune”. *Astronomy and Astrophysics Letters* **545**: L9. Bibcode: 2012A%26A...545L...9D.
- [104] Boss, Alan P. (30 septembrie 2002). „Formation of gas and ice giant planets”. *Earth and Planetary Science Letters*.
- [105] Thommes, Edward W. (2001). „The formation of Uranus and Neptune among Jupiter and Saturn”. *The Astronomical Journal* **123** (5): 2862–2883. doi:10.1086/339975. Bibcode: 2002AJ....123.2862T.

- [106] Hansen, Kathryn (7 iunie 2005). „Orbital shuffle for early solar system”. *Geotimes*. <http://www.geotimes.org/june05/WebExtra060705.html>. Accesat la 26 august 2007.
- [107] Crida, A. (2009). „Solar System formation”. *Reviews in Modern Astronomy* **21**. Bibcode: 2009arXiv0903.3008C.
- [108] Desch, S. J. (2007). „Mass Distribution and Planet Formation in the Solar Nebula”. *The Astrophysical Journal* **671** (1): 878–893. doi:10.1086/522825. Bibcode: 2007ApJ...671..878D.
- [109] Smith, R. (2009). „Resolved debris disc emission around η Telescopii: a young solar system or ongoing planet formation?”. *Astronomy and Astrophysics* **493** (1): 299–308. doi:10.1051/0004-6361/200810706. Bibcode: 2009A&A...493..299S.
- [110] Masa lui Triton: $2,14 \times 10^{22}$ kg. Masa totală a celorlalți 12 sateliți cunoscuți ai lui Neptun: $7,53 \times 10^{19}$ kg sau 0,35%. Masa inelelor este nesemnificativă.
- [111] Agnor, Craig B. (2006). „Neptune’s capture of its moon Triton in a binary–planet gravitational encounter”. *Nature* (Nature Publishing Group) **441** (7090): 192–194. doi:10.1038/nature04792. PMID 16688170. Bibcode: 2006Natur.441..192A.
- [112] Chyba, Christopher F. (1989). „Tidal evolution in the Neptune–Triton system”. *Astronomy and Astrophysics* (EDP Sciences) **219** (1–2): L23–L26. Bibcode: 1989A&A...219L..23C.
- [113] Wilford, John N. (29 august 1989). „Triton May Be Coldest Spot in Solar System”. *The New York Times*. <http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=950DE4DC1138F93AA1575BC0A96F948260>. Accesat la 29 februarie 2008.
- [114] R. M., Nelson (1990). „Temperature and Thermal Emissivity of the Surface of Neptune’s Satellite Triton”. *Science* **250** (4979): 429–431. doi:10.1126/science.250.4979.429. PMID 17793020. Bibcode: 1990Sci...250..429N.
- [115] $\frac{r_a}{r_p} = \frac{2}{1-e} - 1 = 2/0.2488 - 1 = 7.039$.
- [116] Brown, Michael E.. „The Dwarf Planets”. California Institute of Technology, Department of Geological Sciences. <http://web.gps.caltech.edu/~mbrown/dwarfplanets/>. Accesat la 9 februarie 2008.
- [117] Holman, M. J.; Kavelaars, J. J.; Grav, T. *et al.* (2004). „Discovery of five irregular moons of Neptune” (PDF). *Nature* **430** (7002): 865–867. doi:10.1038/nature02832. PMID 15318214. Bibcode: 2004Natur.430..865H. https://www.cfa.harvard.edu/~mholman/nature_final.pdf. Accesat la 24 octombrie 2011.
- [118] Staff (18 august 2004). „Five new moons for planet Neptune”. BBC News. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3578210.stm>. Accesat la 6 august 2007.
- [119] Vezi articolele respective pentru datele despre magnitudinile.
- [120] Moore (2000):207.
- [121] În 1977, de exemplu, până și perioada de rotație a planetei Neptun era incertă. Vezi: Cruikshank, D. P. (1 martie 1978). „On the rotation period of Neptune”. *Astrophysical Journal, Part 2 – Letters to the Editor* (University of Chicago Press) **220**: L57–L59. doi:10.1086/182636. Bibcode: 1978ApJ...220L..57C.
- [122] Max, C. (1999). „Adaptive Optics Imaging of Neptune and Titan with the W.M. Keck Telescope”. *Bulletin of the American Astronomical Society* **31**: 1512. Bibcode: 1999BAAS...31.1512M.
- [123] Gibbard, S. G. (1999). „High-Resolution Infrared Imaging of Neptune from the Keck Telescope”. *Icarus* **156** (1): 1–15. doi:10.1006/icar.2001.6766. Bibcode: 2002Icar..156....1G.
- [124] Phillips, Cynthia (5 august 2003). „Fascination with Distant Worlds”. SETI Institute. Există o versiune arhivată la 3 noiembrie 2007. <http://web.archive.org/web/20071103094424/http://www.seti.org/about-us/voices/phillips-080503.php>. Accesat la 3 octombrie 2007.
- [125] Burgess (1991):46–55.
- [126] Spilker, T. R. (2004). „Outstanding Science in the Neptune System From an Aerocaptured Vision Mission”. *Bulletin of the American Astronomical Society* **36**: 1094. Bibcode: 2004DPS....36.1412S.

10 Legături externe

- en NASA’s Neptune fact sheet
- en Neptune from Bill Arnett’s nineplanets.org
- en Neptune Astronomy Cast episode #63, includes full transcript.
- en Neptune Profile at NASA’s Solar System Exploration site
- en Planets – Neptune A children’s guide to Neptune.

11 Text and image sources, contributors, and licenses

11.1 Text

- **Neptun Sursă:** <https://ro.wikipedia.org/wiki/Neptun?oldid=10774404> *Contribuitori:* Robbot, Lintu, Laurap, Mishuletz, Wars, Arado, Adi-Japan, Chobot, RobotQuistnix, Orioane, Moneo, Andrei Stroe, Miehs, FlaBot, Strainubot, GEO, Cristi215, Victor Blacus, Escarbot, This!bot, JAnDbot, Minisarm, Rei-bot, DorganBot, VolkovBot, TXiKiBoT, Marius.deaconu, SieBot, AlleborgoBot, RadufanBot, EmilyBot, Venske, PipepBot, Severina, Gikü, Rlupsa, DragonBot, Ark25, Alexander Tendler, OKBot, Alexbot, BodhisattvaBot, AMDATi, Purbo T, SilvonenBot, Coreytaylor89, WikiDreamer Bot, Numbo3-bot, Mami-hu, FirilacrocoBot, Luckas-bot, ArkBot, MystBot, Jotterbot, Nal-limbot, ArthurBot, Xqbot, RedBot, Almbot, GhalyBot, SassoBot, RibotBOT, Bornaz Sebastian, Ionutzmovie, Terraflorin, TouchScreen, TobeBot, SpunkyLepton, MastiBot, TjBot, EmausBot, ZéroBot, Ionutp, WikitanvirBot, Mjbmrbot, ChuispastonBot, FoxBot, Comati, MerlIwBot, AlternoBreak, Pafsanias, HiW-Bot, GÜT, Rotlink, Gdaniel111, Lianaiovan, C. Ciupearcă, Hyperread, Addbot, BreakBot, XXN-bot, Dan Mihai Pitea, KasparBot și Anonim: 25

11.2 Images

- **Fișier:Commons-logo.svg Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) *Artist original:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- **Fișier:Different_Faces_Neptune.jpg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/The_four_sides_of_Neptune_%28captured_by_the_Hubble_Space_Telescope%29.tif *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2011/19/image/a/> (direct link) *Artist original:* NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
- **Fișier:Gtk-dialog-info.svg Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Gtk-dialog-info.svg> *Licență:* LGPL *Contribuitori:* <http://ftp.gnome.org/pub/GNOME/sources/gnome-themes-extras/0.9/gnome-themes-extras-0.9.0.tar.gz> *Artist original:* David Vignoni
- **Fișier:Lhborbits.png Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Lhborbits.png> *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* en>User:AstroMark
- **Fișier:Neptune's_Great_Dark_Spot.jpg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Neptune%27s_Great_Dark_Spot.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00052> *Artist original:* NASA / Jet Propulsion Lab
- **Fișier:Neptune_Earth_size_comparison.jpg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Neptune%2C_Earth_size_comparison.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* This image was made from NASA Earth America 2010.jpg and Neptune Full.jpg *Artist original:* Orange-kun
- **Fișier:Neptune.jpg Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Neptune.jpg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00046> *Artist original:* NASA/JPL
- **Fișier:Neptune_Orbit.gif Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Neptune_Orbit.gif *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* Lookang many thanks to author of original simulation = Todd K. Timberlake author of Easy Java Simulation = Francisco Esquembre
- **Fișier:Neptune_clouds.jpg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Neptune_clouds.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00058> *Artist original:* NASA / Jet Propulsion Lab
- **Fișier:Neptune_diagram.svg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Neptune_diagram.svg *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery/Neptune_Int-browse.jpg, which is in the public domain *Artist original:* NASA; Pbroks13 (redraw)
- **Fișier:Neptune_storms.jpg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Neptune_storms.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap010821.html> <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01142> *Artist original:* NASA/Voyager 2 Team
- **Fișier:Neptune_symbol.svg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Neptune_symbol.svg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* Amit6
- **Fișier:Neptunerings.jpg Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Neptunerings.jpg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* ? *Artist original:* ?
- **Fișier:People_icon.svg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/People_icon.svg *Licență:* CC0 *Contribuitori:* OpenClipart *Artist original:* OpenClipart
- **Fișier:Portal-puzzle.svg Sursă:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Portal-puzzle.svg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* User:Eubulides. Created with Inkscape 0.47pre4 r22446 (Oct 14 2009). This image was created from scratch and is not a derivative of any other work in the copyright sense, as it shares only nonprotectible ideas with other works. Its idea came from *File:Portal icon.svg* by User:Michiel1972, which in turn was inspired by *File:Portal.svg* by User:Pepetps and User:Ed g2s, which in turn was inspired by *File:Portal.gif* by User:Ausir, User:Kyle the hacker and User:HereToHelp, which was reportedly from *he:File:Portal.gif* (since superseded or replaced?) by User:Naama m. It is not known where User:Naama m. got the idea from. *Artist original:* User:Eubulides
- **Fișier:Symbol_question.svg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Symbol_question.svg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* ? *Artist original:* ?
- **Fișier:TheKuiperBelt_classes-en.svg Sursă:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/TheKuiperBelt_classes-en.svg *Licență:* CC-BY-SA-3.0 *Contribuitori:* Image:TheKuiperBelt classes.PNG from wikimedia commons, uploaded by Eurocommuter; license : GFDL + cc-by-sa-2.5,2.0,1.0 *Artist original:* Lilyu and Eurocommuter

- **Fișier:Triton_moon_mosaic_Voyager_2_(large).jpg** *Sursă:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Triton_moon_mosaic_Voyager_2_%28large%29.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00317> *Artist original:* NASA / Jet Propulsion Lab / U.S. Geological Survey
- **Fișier:Urbain_Le_Verrier.jpg** *Sursă:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Urbain_Le_Verrier.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* Originally from en.wikipedia; description page is (was) here *Artist original:* User Magnus Manske on en.wikipedia
- **Fișier:Voyager_2_Neptune_and_Triton.jpg** *Sursă:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Voyager_2_Neptune_and_Triton.jpg *Licență:* Public domain *Contribuitori:* <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02215> *Artist original:* NASA / Jet Propulsion Lab
- **Fișier:Wikibooks-logo.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Wikibooks-logo.svg> *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* User:Bastique, User:Ramac et al.
- **Fișier:Wikidata-logo.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Wikidata-logo.svg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* User:Planemad
- **Fișier:Wikiquote-logo.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Wikiquote-logo.svg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* Rei-artur
- **Fișier:Wikisource-logo.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Wikisource-logo.svg> *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* Rei-artur *Artist original:* Nicholas Moreau
- **Fișier:Wikiversity-logo-Snorky.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Wikiversity-logo-en.svg> *Licență:* CC BY-SA 3.0 *Contribuitori:* Operă proprie *Artist original:* Snorky
- **Fișier:Wiktionary-logo-en.svg** *Sursă:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Wiktionary-logo-en.svg> *Licență:* Public domain *Contribuitori:* Vector version of Image:Wiktionary-logo-en.png. *Artist original:* Vectorized by Fvasconcellos (Discuție · contribuții), based on original logo tossed together by Brion Vibber

11.3 Content license

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0