

VICTOR LUCIAN

# ENERGIA SOLARĂ

*Ghid de captare și conversie a energiei  
solare pentru utilizare*



EDITURA UNIVERSITARĂ  
București, 2014

## CUPRINS

<b>Introducere</b> .....	9
<b>Rezumat de prezentare a cărții</b> .....	13
<b>1. Soarele ca sursă de energie. Particularități</b> .....	13
1.1. Sistemul solar termic .....	13
1.1.1. Energia solară, ca sursă inepuizabilă .....	13
1.1.2. Ciclul solar și exploziile solare .....	16
1.1.3. Lumina ca radiație electromagnetică purtătoare de energie .....	19
1.1.4. Interacțiunea radiației solare cu atmosfera .....	22
1.1.5. Bilanțul energetic al energiei solare .....	24
1.1.6. Atmosfera, învelișul gazos al Terrei .....	28
1.2. Particularități ale energiei solare .....	29
1.2.1. Considerații privind radiația solară .....	29
1.2.2. Distribuția energiei solare pe teritoriu .....	32
1.2.3. Compoziția spectrală a radiației solare .....	34
1.2.4. Captarea radiației solare .....	35
<b>2. Instalații de captare, conversie și stocare a energiei solare</b> .....	40
2.1. Instalații de producere a energiei electrice. Panouri echipate cu celule fotovoltaice .....	40
2.1.1. Componentele instalației de producere a energiei electrice cu panouri echipate cu celule fotovoltaice. ....	42
2.1.1.1. Dimensionarea componentelor instalației .....	43
2.1.1.2. Instrucțiuni de montare și date tehnice a componentelor ....	45
2.1.1.3. Regulatorul automat electronic de încărcare a bateriei .....	48
2.1.1.4. Bateria .....	55
2.1.1.5. Invertorul .....	56
2.1.1.6. Legăturile electrice .....	61
2.1.1.7. Modalități de conexiuni .....	63
2.1.2. Dimensionarea instalației la cutremure de pământ .....	65
2.2. Instalații solare de producere energie termică, apă caldă .....	67
2.2.1. Componentele instalației de produs apă caldă .....	68
2.2.2. Dimensionarea instalației .....	72
2.2.3. Instrucțiuni de montare a componentelor instalației .....	75
2.3. Alte tipuri de instalații de captare a energiei solare .....	77
2.3.1. Centrale termice solare cu vânt ascensional .....	77
2.3.2. Centrale termice solare cu vânt descensional .....	77
2.3.3. Panouri termice cu sisteme de înmagazinare a căldurii .....	78

2.3.4. Instalație de reflecție a radiației calorice solare .....	79
2.3.5. Colectoarele cu jgheaburi parabolice .....	83
2.3.6. Cea mai mare instalație solară <i>cu oglinzi</i> .....	85
2.3.7. Centrale cu iaz solar sau gradient diferit .....	88
2.4. Tehnologie nouă și randament .....	91
2.5. Noutăți privind mărirea capacității de stocare a energiei .....	93
<b>3. Măsurători și observații efectuate de autor .....</b>	<b>98</b>
3.1. Panouri fotovoltaice. Studii, măsurători, teste efectuate de autor pe instalații componente de sistem și concluzii rezultate .....	98
3.1.1. Determinarea calității după performanțele realizate .....	98
3.1.2. Dependența curentului .....	99
3.1.3. Obținerea eficienței maxime .....	101
3.1.4. Compatibilitatea componentelor sistemului .....	102
3.1.5. Funcția de izolare, modalitate de creștere a eficienței .....	103
3.2. Panouri termice cu țevi .....	105
3.2.1. Descrierea instalației folosite .....	106
3.2.2. Măsurători în funcție de regimul de consum .....	106
3.3. Valabilitatea și corectitudinea observațiilor și măsurătorilor efectuate .....	110
3.4. Costuri de producere a energiei .....	111
3.5. Recuperarea costului investiției .....	112
3.6. Instrucțiuni de exploatare, întreținere și reparare a instalațiilor solare și panouri termice cu țevi .....	115
3.6.1. Instalații solare fotovoltaice .....	115
3.6.2. Panouri termice cu țevi .....	118
3.7. Materiale utilizate pentru execuția instalațiilor de conversie producere energie electrică și/sau termică din sursa solară .....	120
<b>4. Determinarea potențialului energetic solar local .....</b>	<b>123</b>
4.1. Generalități .....	123
4.2. Determinarea potențialului energetic solar în România .....	128
4.3. Încălzirea globală realitate sau păcăleală? .....	132
<b>5. Particularități constructive ale casei alimentată cu energie de la Soare</b> .....	<b>134</b>
5.1. Detalii constructive .....	134
5.2. Recomandări practice pentru execuția unei locuințe .....	135
5.3. Conceptul de locuință “pasivă” din punct de vedere energetic .....	137
5.4. Avantaje ale producției individuale de energie .....	138
5.5. Modalități de economisire a terenurilor agricole .....	140
<b>6. Alte domenii de utilizare a energiei solare .....</b>	<b>144</b>
6.1. Aparate de zbor .....	144
6.1.1. HB-SIA sau Solar Impulse - Date tehnice și istorice .....	145

6.1.2. Schema de concepție proprie de producere a energiei electrice pentru aparate de zbor .....	147
6.1.3. Alte proiecte de aparate de zbor .....	148
6.1.4. Balonul solar .....	149
6.2. Aparate de navigație pe apă .....	151
6.3. Automobile terestre .....	152
6.3.1. De ce este necesară schimbarea tipului de alimentare? .....	156
6.4. Trenuri cu tracțiune electrică alimentate cu energie solară .....	158
6.5. Iluminat ornamental din parcuri și grădini .....	158
6.6. Iluminat stradal .....	159
6.6.1. Varianta 1 .....	160
6.6.2. Comanda automată a funcționării corpului de iluminat .....	161
6.6.3. Avantajele variantei prezentate .....	162
6.6.4. Varianta 2 .....	163
6.6.5. Varianta 3 .....	165
6.6.6. Semnalizarea semnelor de circulație în timpul nopții .....	166
6.7. Încălzirea pasivă a clădirilor .....	167
6.7.1. Încălzirea pasivă a clădirilor .....	168
6.7.2. Încălzirea cu aer cald a clădirilor .....	170
6.7.3. Încălzire solară cu apă. ....	172
6.8. Alimentarea cu energie electrică și apă în locuri izolate .....	177
6.9. Mașini de gătit și cuptoare solare .....	178
6.10. Purificarea apei potabile .....	179
6.11. Energia solară folosită în război .....	179
6.12. Încărcarea acumulatorilor diferitelor dispozitive mobile .....	180
6.13. Masdar – primul oraș din lume în întregime ecologic .....	182
6.14. Reducerea poluării .....	184
6.15. Planificări, finanțări și investiții pentru energie verde, prezent și viitor ..	185
6.16. Aeroportul “verde” .....	188
<b>7. Captarea și producerea energiei din întuneric .....</b>	<b>192</b>
7.1. Existența energiei în orice spațiu .....	192
7.2. Captarea energiei .....	194
7.3. Fotosinteza .....	198
7.4. Poluarea aerului și fotosinteza .....	200
7.5. Radiația solară în orașe .....	201
7.6. Procese cheie ale fotosintezei simulate la nivel cuantic .....	202
<b>Anexe .....</b>	<b>205</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>208</b>

## Introducere

Pământul primește energia necesară desfășurării tuturor activităților inclusiv viața, de la Soare. Durata de viață a Soarelui este estimată la încă 5 miliarde de ani, de aici încolo, ceea ce conduce la concluzia că, pe scara noastră a timpului, el reprezintă o energie inepuizabilă și deci regenerabilă. Energia totală captată de scoarța terestră estimată este de 720.000.000 TWh/an. Disponibilitatea acestei energii depinde de ciclul zi-noapte, de latitudinea locului unde este captată, de anotimpuri și de pătura noroasă existentă, interpusă între Pământ și Soare. Există mai multe modalități de captare/și conversie a energiei solare. Energia solară poate fi captată cu ajutorul captatorilor termici și stocată în acumulatori termice sub formă de energie termică sau poate genera electricitate cu ajutorul panourilor fotovoltaice, echipate cu celule fotovoltaice.

Potențialul energetic instantaneu total teoretic al soarelui măsoară 105 TW. Dacă ținem seama că atmosfera terestră absoarbe și reflectă o mare parte din această energie (cca 60% din total captat), că eficiența conversiei direct din energie solară în energie electrică este mică (de cca 20%, conform tehnologiilor și echipamentelor actuale), că numai 1% din iradiația emisă este captată la nivelul solului, potențialul practic total este de cca 25-30 TW. Echipamentele actuale au atins la vârf, o eficiență a conversiei direct în energie electrică de 35%, iar pentru panouri solare de încălzire de 50-70%.

Panourile solare folosesc ca sursă energia solară difuză care este gratuită și inepuizabilă. Acestea pot asigura 60-70% din nevoia de apă caldă menajeră pe an a populației globului și poate să funcționeze tot timpul anului. Sistemele solare bazate pe colectoarele solare gravitaționale care funcționează în perioada primăvară-toamnă sunt și ele din ce în ce mai răspândite. Imaginația omului a ajuns până acolo încât a folosit energia solară pentru utilizări din cele mai diverse. Lămpile solare artizanale pot fi găsite sub forma de set de pitici de grădină, sau alte forme și sunt ideale pentru iluminarea grădinilor, pajiștilor, aleilor, foișoarelor.

Soarele este fără îndoială o vastă sursă de energie. Într-un singur an, el trimite spre pământ de 20.000 de ori mai multă energie decât cantitatea necesară de consum a întregii populații a globului, de 15,7 TWh. În numai trei zile, pământul primește de la soare echivalentul energiei existente în rezervele geologice energetice de combustibili fosili cunoscute în prezent. Energia solară reprezintă una din potențialele viitoare surse de energie, folosită fie la înlocuirea definitivă a surselor convenționale de energie cum ar fi: cărbune, petrol, gaze naturale etc., fie la folosirea ei ca alternativă la utilizarea surselor de energie convenționale mai ales pe timpul verii, cea de a doua utilizare fiind în momentul de față cea mai răspândită folosire din întreaga lume. Energia solară ce atinge suprafața Pământului într-o ora este suficientă pentru a satisface nevoia de energie a tuturor locuitorilor de pe Pământ pentru o perioadă de un an de zile! Marele avantaj al energiei produse cu surse solare este că prețul ei scade rapid și se

estimează că în maxim două decenii, energia electrică produsă cu resursă solară va concura cu energia electrică convențională obținută din combustibili fosili.

Poate cel mai evident avantaj, în vederea utilizării acesteia, este acela de a nu produce poluarea mediului înconjurător, deci este o sursă de energie curată; un alt avantaj al energiei solare este faptul că sursa de energie pe care se bazează întreaga tehnologie este gratuită. În plus, un avantaj de necontestat este acela al siguranței și stabilității funcționării instalațiilor de captare și conversie, datorită faptului că nu au în componență piese în mișcare și nu necesită lucrări de întreținere. Procesele tranzitorii în componentele sistemului de conversie de la o stare la alta se produc instantaneu. Dintre toate sursele de energie care intră în categoria surselor ecologice și regenerabile cum ar fi: energia eoliană, energia geotermală, energia mareelor; energia solară se remarcă prin instalațiile simple, sigure și cu costuri reduse ale acestora la nivelul unor temperaturi în jur de 100°C, temperatură folosită pentru încălzirea apei cu peste 40°C peste temperatura mediului ambiant, instalații folosite la încălzirea apei menajere sau a clădirilor. De aceea, este deosebit de atractivă ideea utilizării energiei solare în scopul încălzirii locuințelor și se pare că acesta va fi unul dintre cele mai largi domenii de aplicație a energiei solare în acest secol și următorul. Tehnologia de fabricație a echipamentului pentru instalațiile solare de încălzire a clădirilor este deja destul de bine pusă la punct într-o serie de țări ca Japonia, S.U.A., China, Australia, Israel, Rusia, Franța, Canada și Germania.

România se găsește într-o zonă geografică cu acoperire solară bună cu un flux anual de energie solară cuprins între 1000 kWh/m<sup>2</sup>/an și 1300 kWh/m<sup>2</sup>/an. Din această cantitate de energie se pot capta între 600 și 800 kWh/m<sup>2</sup>/an. Radiația medie zilnică poate să fie de 5 ori mai intensă vara decât iarna. Dar și pe timp de iarnă, în decursul unei zile senine, se pot capta 4 - 5 kWh/m<sup>2</sup>/zi, radiația solară captată fiind independentă de temperatura mediului ambiant.

Unele aspecte ale energiei solare constituie o problemă pentru unii, fiind însă o oportunitate pentru alții. Pentru simplul fapt că soarele strălucește deasupra fiecărui acoperiș al fiecărei case, acesta poate fi un exemplu de avantaj pentru oamenii de rând și pentru folosirea energiei solare la nivel individual, nu numai în marile companii dotate cu echipamente speciale de captare și prelucrare a razelor solare, echipamente ce ar fi așezate pe suprafețe mari de teren.

Avantajele sunt multiple: un profit crescut considerabil, o stare de sănătate mai bună a oamenilor determinată de lipsa poluării, sau dacă nu, măcar de diminuarea ei. Avantajul utilizării energiei solare este faptul că aceasta este nepuizabilă, fiind și una din cele mai "curate" forme de energie.

Nivelul de insolație reprezintă cantitatea de energie solară care pătrunde în atmosferă și ajunge pe suprafața pământului. Această cantitate de energie solară variază în funcție de latitudine, altitudine și perioadă a anului. Nivelul de insolație este exprimat ca media zilnică lunară/anuală în kWh /m<sup>2</sup>.

Toate avantajele energiei solare prezentate mai sus m-au determinat să încep ciclul manualelor "ghid" de folosire a energiilor din natură, regenerabile, nepoluante, gratuite, pe care am intenția să le scriu și public în următoarea perioadă de timp. Cartea se adresează atât celor ce sunt interesați să-și construiască singuri o

instalație care să le asigure o independență energetică cât și doritorilor de cunoaștere de capabilitatea energiei solare.

### **Prezentarea cărții**

Cartea de față este împărțită în 8 capitole. Capitolul întâi prezintă date despre Soare ca cea mai importantă sursă energetică a Pământului, sursă care asigură existența vieții pe Pământ. Tot în acest capitol sunt tratate caracteristicile razelor solare, a undelor electromagnetice care poartă energia transmisă de Soare pe Pământ, fenomenele care se petrec în Soare, ciclul solar și exploziile solare, balanța energetică a energiei totale emisă de Soare care devine utilă necesităților umane, particularități ale energiei solare.

Capitolul doi prezintă cele două tipuri mari de instalații de captare și conversie a energiei solare: instalații care produc direct energie electrică și instalații care produc energie termică. Tot aici sunt prezentate componentele instalației de producere a energiei electrice cu panouri echipate cu celule fotovoltaice, dimensionarea componentelor instalației, instrucțiuni de montare și date tehnice a componentelor instalației. Alte tipuri de instalații de captare a energiei solare sunt prezentate. Prezentarea continuă cu instrucțiuni de exploatare, întreținere și reparare a instalațiilor solare, fotovoltaice și panouri termice cu țevi. Noutăți privind mărirea capacității de stocare a energiei sunt prezentate la sfârșitul acestui capitol.

Capitolul trei prezintă măsurători și observații efectuate de autor pe panouri fotovoltaice de diferite puteri, valabilitatea acestora și corectitudinea lor. Studii, măsurători, teste efectuate de autor pe instalații componente de sistem de producere energie electrică și concluzii rezultate sunt descrise. Aceleași informații sunt furnizate pentru panourile termice de producere a apei calde. Dependența producției de energie este influențată de factorii prezentați. Costuri de producere a energiei cu panouri solare sunt analizate. Sunt stabilite perioadele de recuperare a costului investiției

Capitolul patru prezintă modul de determinare a potențialului energetic solar local și determinarea potențialului energetic solar pentru întreg teritoriul României. Încălzirea globală realitate sau păcăleală, este o întrebare la care nu s-a dat un răspuns deocamdată.

Capitolul cinci prezintă particularități constructive ale casei alimentate cu energie de la Soare, detalii constructive și avantaje ale producției individuale de energie comparativ cu producerea, transportul și distribuția centralizată de energie. Sunt prezentate modalități de economisire a terenurilor agricole prin amplasare panourilor în zone disponibile, neincluse în circuitul agricol de producție.

Capitolul șase prezintă alte modalități și scopuri de utilizare a energiei solare utile activităților omului, printre care: transporturi, gătit, încălzit, încărcarea acumulatorilor dispozitivelor mobile, purificarea apei potabile, etc. Am prezentat mai sus aplicații practice care utilizează energia solară transformată în energie care satisface utilități care deservesc de la cerințele unui singur om, de la banalul încărcător al unui telefon mobil la necesarul de consum al întregii populații a globului. Prin aceasta am vrut să arăt că avem suficiente resurse energetice

nepoluante, regenerabile, gratuite, puse la dispoziție de natură. Atunci de ce să poluăm inutil mediul înconjurător în care ne desfășurăm întreaga viață? Inginerii și tehnicienii au dat soluția. Politicienii nu vor să o accepte să fie pusă în practică din cauza unor interese meschine care sunt mai presus decât viața și sănătatea populației întregii planete. Pentru politicieni conceptul de dezvoltare durabilă este prea abstract și ideal pentru a fi transformat în realitate.

Capitolul șapte prezintă preocupări actuale ale cercetătorilor de captarea și producere a energiei din întuneric.



# 1. Soarele ca sursă de energie. Particularități

## 1.1. Sistemul solar termic

Soarele reprezintă steaua sistemului nostru care asigură sursa de energie necesară Pământului pentru desfășurarea tuturor activităților care au loc aici contribuind printre altele la menținerea temperaturii planetei mult peste valoarea de aproape  $0^{\circ}\text{K}$ , întâlnită în tot spațiul interplanetar și este singura sursă de energie capabilă să întrețină viața pe Pământ. Datorită energiei emise de Soare recepționată pe Pământ aici a apărut viața sub formele sale cele mai elementare, evoluând tot datorită aceleiași energie emise de Soare și recepționată pe Pământ, la formele cele mai evolute existente astăzi. Se poate spune că energia solară este cea mai importantă formă de energie existentă pe Pământ cea mai folosită de om și a întreținerii vieții omului, a florei și faunei de pe Pământ. Omul și-a dat seama de importanța acestui tip de energie pentru viața sa și a încercat să o folosească cât mai mult în interesul său. A divinizat Soarele cel pe care l-a considerat dător de viață și cel care întreține viața. Soarele reprezintă practic o sursă inepuizabilă de energie, estimându-se o durată a existenței radiației solare de încă aproximativ 4...5 miliarde de ani. Pentru că energia solară are o viață așa de lungă este considerată inepuizabilă și regenerabilă. Soarele emite și trimite energia sa spre Pământ sub forma de unde, care sunt percepute de om prin lumină și căldură. Ambele forme de energie solară percepute de om, acesta, a încercat de-a lungul timpului să le folosească cât mai mult în folosul său.

Soarele sistemului nostru solar din care face parte planeta Pământ este steaua care furnizează principala formă și cantitate de energie care asigură menținerea și continuitatea vieții pe Pământ. Inclusiv Pământul s-a format în urmă cu circa 4,5 miliarde de ani în urmă, datorită energiilor generate și emise din Soare.

### 1.1.1. Energia solară, ca sursă inepuizabilă

După ani de cercetare s-a constatat că viața pe Pământ se datorește în cea mai mare măsură energiei emise de Soare. De unde, cum și cât, va trimite Soarele energie, spre Pământ? Iată trei întrebări la care oamenii de știință au încercat să răspundă și parțial au reușit. Sursa de energie se află în centrul Soarelui, a miezului activ al stelei, este de natură termonucleară, compusă din gaze ionizate sub formă de plasmă, în principal nuclee de hidrogen și heliu.

Spre centru nucleului Soarelui, unde densitatea gazului ionizat este de  $100\text{ g/cm}^3$  și temperatura este de  $10\ 000\ 000^{\circ}\text{K}$ , se produc reacții termonucleare autoîntreținute, datorită temperaturilor și presiunilor mari (fuziune nucleară de atomi ușori de hidrogen).

Temperatura și densitatea gazului ionizat, scad rapid spre exteriorul stelei, iar energia generată se transmite încet spre suprafață sub formă de radiații, vibrații și, parțial prin convecție.

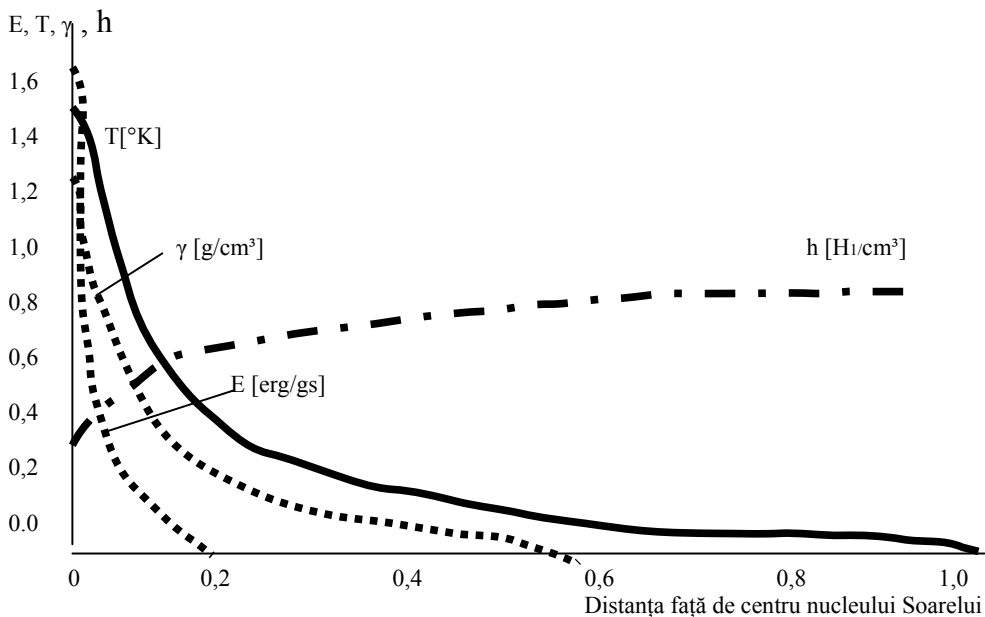
### Producerea energiei în Soare

Cum se produce energia în Soare? Mai întâi ce este Soarele? Soarele sistemului nostru solar este o stea de mărime medie, are mărimea absolută 4,6 și are o emisie relativ mică. Pe cer se disting 19 stele de mărimea absolută, egală cu cea a Soarelui sistemului nostru solar. Soarele este o stea; principalele dimensiuni și date fizice sunt următoarele:

Tabelul 1.1.

Dimensiuni și date fizice ale Soarelui		
Caracteristica	Unitate de măsură	Valoare
Raza	km	690 000
Masa	t	$2 \times 10^{23}$
Densitatea gazului la centru nucleului	$g/cm^3$	100
Temperatura superficială	$^{\circ}K$	$5,7 \times 10^3$
Temperatura interioară	$^{\circ}K$	$(5 - 7) \times 10^3$
Energia totală	kW	$3,4 \times 10^{23}$

Presiunea radiației interne, ajutată de forța centrifugă, în învelișurile externe, se opune forței gravitaționale centripete, rezultând un echilibru energetic. Variația parametrilor interni ai Soarelui în funcție de rază (distanța față de centrul nucleului) sunt prezentați în figura 1.1.



Legenda:

- E - Energia generată în nucleul Soarelui [kW]
- T - temperatura plasmei Soarelui [ $^{\circ}K$ ]
- $\gamma$  - densitatea plasmei [ $g/cm^3$ ]
- h - concentrația de hidrogen [ $H/cm^3$ ]

Figura 1.1. Variația parametrilor interni ai Soarelui, în funcție de rază

Nucleul Soarelui, locul unde au loc reacțiile termonucleare se consideră că ține din centru nucleului până la 0,22 din distanța de nucleu, măsurată pe rază. Dacă în zona nucleului Soarelui energia generată de reacția termonucleară este de 1,62 erg/gs, la periferie, ea este zero, concentrația hidrogenului crește de la 0,3 H1/cm<sup>3</sup>, cât este în centrul nucleului Soarelui, la 0,8 H1/cm<sup>3</sup>, la periferia steii. (H1 înseamnă numărul de atomi de Hidrogen). Pentru a se declanșa și întreține o reacție termonucleară în lanț trebuie îndeplinite simultan mai multe condiții, ca de exemplu:

- Temperatura ridicată, presiune foarte înaltă,
- Instabilitate energetică la nivel atomic mare;
- Aport de energie din exterior;
- Ionizarea mediului;
- Densitate mare a materiei.

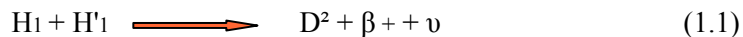
În Soare sunt îndeplinite toate aceste condiții simultan. Pentru comparație, pe Pământ o reacție termonucleară s-a realizat numai în laborator; problema realizării și menținerii plasmei la temperatura și presiunea mare, ionizare a mediului, care să întrețină reacția termonucleară, este greu de realizat. Durata reacției termonucleare realizate artificial, a fost de câteva milisecunde, iar puterea realizată a fost de 15 MW.

Realizarea mediului potrivit pentru producerea și menținerea unei reacții termonucleare în stele, este posibilă datorită cantității foarte mari de masă gazoasă aflată la temperatură și presiune foarte mare, în centrul lor. Straturile exterioare protejează nucleul steii, ferindu-l de răcire, de scăderea presiunii datorită densității mari a materiei din compoziție în special în zona centrală.

Energia gravitațională din stea poate ridica temperatura și presiunea din interiorul steii la valori care pot declanșa reacții termonucleare. Aceiași energie gravitațională din interiorul steii menține o densitate foarte mare a materiei din stea. Aceste valori foarte mari ale temperaturii și presiunii gazelor întrețin reacția termonucleară declanșată demult.

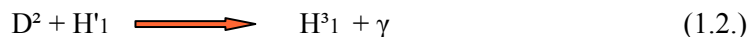
Reacțiile termonucleare din stele se bazează pe transformarea excesului de masă al elementelor ușoare în energie, în cursul sintezei nucleelor mai grele. În condiții de temperatură și presiune ridicate, hidrogenul, care reprezintă în prezent cam 80% din masa solară, reacționează în parte prin lanțul "proton - proton", eliberând radiații sub formă de energie luminoasă și termică:

1. Formarea deuteriului prin unirea a doi atomi de hidrogen:

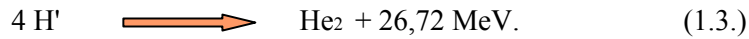


Pe lângă deuteriu se mai emit particule elementare neutrinii  $\nu$  și pozitronii  $\beta +$ . Neutrinii  $\nu$ , cu putere de penetrare foarte mare, părăsesc soarele, iar radioactivitatea  $\beta +$  (pozitronii) frânează declanșarea în lanț a reacției, motiv pentru care steaua rămâne o perioadă lungă, stabilă.

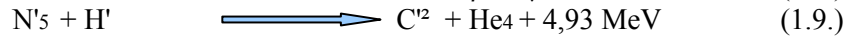
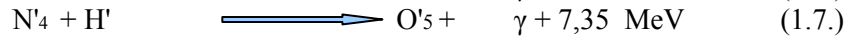
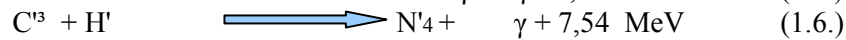
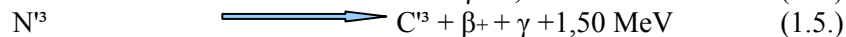
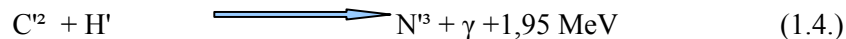
2. Formarea tritiului prin unirea unui atom de hidrogen și a unuia de deuteriu:



3. Formarea heliului cu eliberarea de energie, prin unirea deuteriului cu a tritiului:



Dacă în straturile exterioare ale miezului activ se găsesc nuclee de carbon, atunci "arderea" hidrogenului poate trece printr-un ciclu mai complicat, denumit CNO (descoperit de H. Bethe și C. F. Weizsacker, în anul 1938). Reacțiile ciclului CNO sunt următoarele:



În total, în acest lanț de reacții se eliberează 25,0 MeV, energie. Izotopii de carbon  $\text{C}^{12}$  și de azot  $\text{N}^{13}$ , sunt catalizatori ai reacției. Ei se formează prin atacarea cu câte un proton de hidrogen, a izotopului de carbon original, succesiv formându-se izotopii intermediari, iar finalul este emisia de raze  $\alpha$ , și energie. Este cel mai energogen proces de ardere cunoscut în sistemul nostru solar; față de o ardere normală, această ardere produce de 47 de milioane de ori mai multă energie, decât în arderea normală, obișnuită în atmosferă de oxigen, a aceleiași cantități de hidrogen.

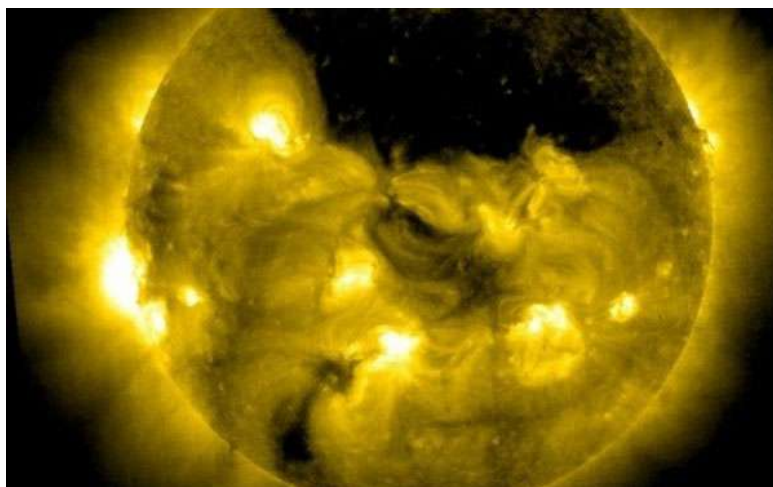
Cât timp va exista această energie? Datorită existenței unei cantități enorme de hidrogen în Soare, reacțiile termonucleare vor dura o perioadă lungă de timp. Atâta timp cât mediul plasmei în care are loc reacția termonucleară se menține la parametrii favorabili, în nucleul Soarelui, reacția se autoîntreține.

Fizicianul suedez Anders Jonas Ångström (1814-1874), printr-o metodă nouă descoperită de el, *spectroscopia*, a identificat prezența hidrogenului în atmosfera Soarelui. A publicat o diagramă a spectrului solar normal și primul care a examinat spectrul aureolei boreale, detectând și măsurând caracteristicile frecvenței luminoase din banda de frecvențe specifice nuanței galben-verde a acesteia.

### 1.1.2. Ciclul solar și exploziile solare

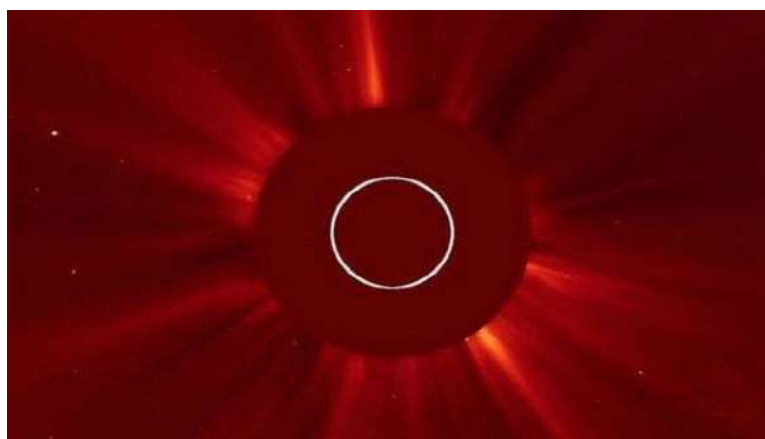
Perioada în care anumite activități din Soare se repetă se numește ciclu solar. Fenomenul a fost descoperit în anul 1843, de către Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875). Durata ciclului este de aproximativ de 22 de ani și include 2 perioade de câte 11 ani fiecare, de producere a petelor solare. Polaritățile magnetice ale petelor solare alternează între emisfera nordică și cea sudică a Soarelui și între 2 perioade, una de vârf și una de declin a fenomenelor care se petrec concomitent, sub formă de aureole sau proeminente solare. Pe parcursul unui ciclu solar au loc intensificări ale reacțiilor termonucleare însoțite de emanații de energie care se simt

și pe Pământ. Emisiile intense solare pot produce perturbații ale funcționării radarelor, a instalațiilor de transmisii date, programelor de TV, intensificări ale intensității câmpurilor electromagnetice, deplasări ale polilor magnetici. Sunt perioade periculoase pentru expunerea prelungită a omului la soare. Emanațiile solare au putere mare de ardere. Erupțiile solare provin de la petele care sunt prezente pe Soare. Aceste pete sunt mai sărace în materie solară având o temperatură mai scăzută decât restul masei Soarelui, unde nu sunt prezente găurile coronare. Fotografia găurii coronare (zonele mai întunecate în imagine, fig. 1.2.), de pe Soare, din imaginea alăturată, a fost efectuată între 13 și 18 iulie 2013 cu ajutorul unui telescop uriaș montat pe nava SOHO trimisă în spațiu de NASA.



**Fig. 1.2.** Vedere a Soarelui cu petele negre care acoperă aproape un sfert din suprafață

În zonele găurilor coronare sunt modificări puternice ale câmpurilor magnetice care schimbă poziționarea polilor magnetici la sfârșitul perioadei ciclului solar de 11 ani.



**Fig. 1.3.** Fotografie a erupției solare din august 2013

## Evoluția ciclurilor solare

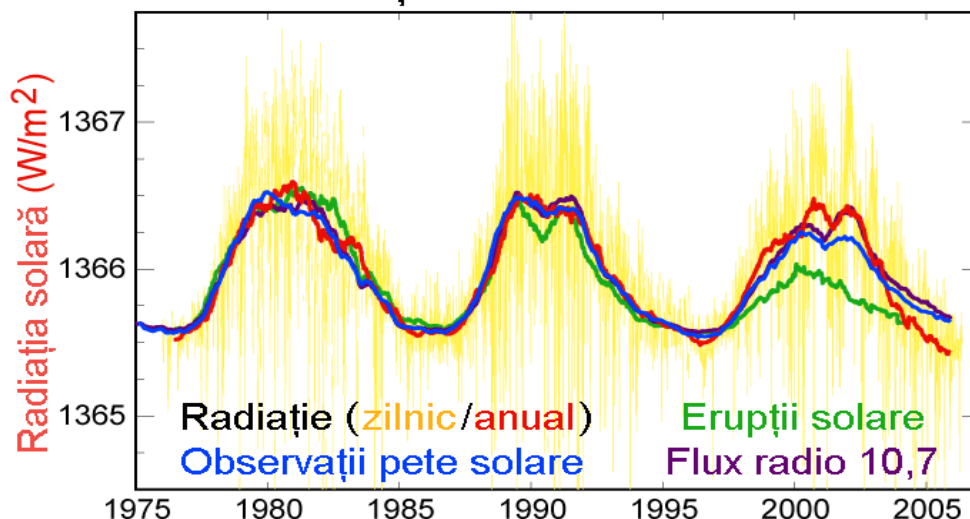


Fig. 1.4. Evoluția ciclurilor solare în perioada 1975 - 2005

Frecvența apariției găurilor coronare este legată de evoluția ciclului solar. Oamenii de știință se așteptau la o furtună solară puternică, având în vedere faptul că anul acesta (2013) se va înregistra vârful ciclului solar de 11 ani. Ei nu știau când se va petrece acest eveniment major. Anul 2013 a trecut și nu s-au petrecut evenimente deosebite. Au avut loc mici perturbații ale intensității câmpurilor magnetice. Specialiștii în domeniu nu au putut estima nici dacă Pământul se va afla pe traiectoria emisiilor produse de aceste erupții solare puternice. Conform cercetărilor ulterioare activitatea solară a rămas la un nivel scăzut la nivelul anului trecut. Într-adevăr în 20 august 2013 a avut loc o erupție a masei coronare din Soare care a avut ca efect emiterea unui nor de particule care a călătorit prin spațiu cu o viteză de 2,2 milioane km/h. Au fost necesare 3 zile ca norul de particule să ajungă în atmosfera terestră. Datorită densității mari din straturile inferioare ale atmosferei particulele emisiilor solare nu au ajuns pe suprafața solului dar au perturbat activitatea sateliților care zboară la altitudini mari de zeci, sute de km depărtare de sol. Emisia de plasmă care a avut loc datorită erupției solare a fost categorisită de nivel M6,5, ceea ce înseamnă furtună de intensitate medie. Erupțiile de clasa X sunt cele mai puternice fiind de 10 ori mai puternice decât cea înregistrată recent. Din analiza fotografiilor succesive preluate de telescop și transmise pe Pământ s-a observat că odată cu producerea exploziei solare a avut loc și emisia de plasmă. Furtunile magnetice produse s-au manifestat sub forma aureolelor boreale fiind prezente și observate mai ales în Norvegia, Suedia, Canada. Cei ce zboară cu avionul la altitudini în jur de 11 000 m sunt mai puternic radiați decât oamenii de la nivelul solului, de emisiile solare din perioada erupțiilor. Persoanele cu afecțiuni cardiace, persoanele vârstnice, gravidele, persoanele cu sistem nervos mai sensibil, sunt categoriile care pot avea probleme în timpul

emisiilor produse de găurile coronare din soare. Este bine ca aceste categorii de persoane să evite plimbări în afara locuinței în perioada exploziilor solare.

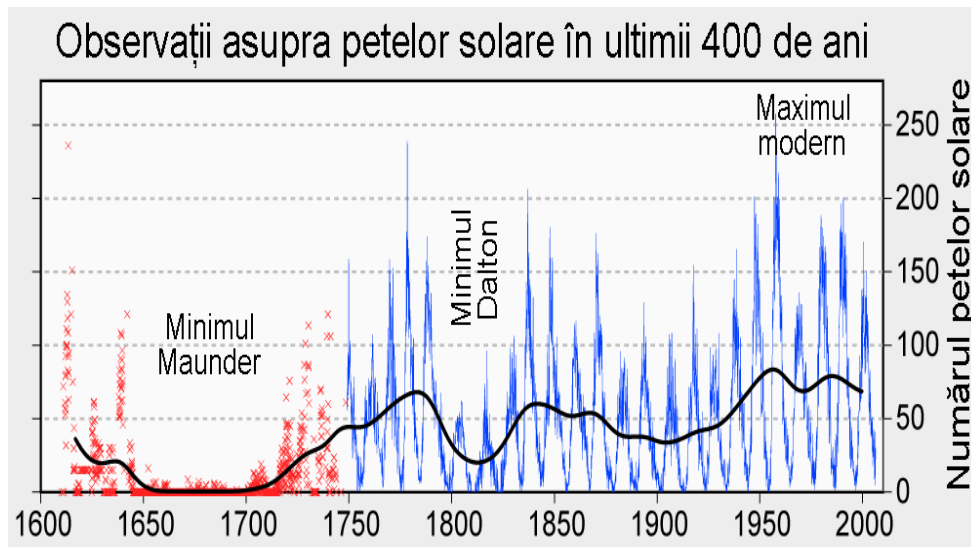


Fig. 1.5. Observații asupra petelor solare în ultimii 400 de ani

În 1859 s-a mai petrecut un eveniment solar de o intensitate foarte mare, el fiind cunoscut drept "Evenimentul Carrington". Denumirea a fost dată după numele unui cercetător britanic care a studiat impactul ejecțiilor de masă coronară asupra Pământului. Ceea ce s-a petrecut în 1859 a reprezentat cel mai puternic fenomen de acest fel din istorie, de când astfel de măsurători sunt înregistrate. În 1859 Pământul a primit din plin lovitura dată de Soare printr-o furtună geomagnetică.

Ciclul solar sau ciclul activității solare este o variație periodică a radiației solare, variație care determină schimbări climatice pe Pământ. Ciclul solar are o durată medie de 11,2 ani, însă se cunosc și cicluri solare cu durate între 8 și 15 ani. Se presupune că un ciclu solar este determinat de câmpul magnetic al Soarelui, care se inversează o dată la 11 ani, un ciclu magnetic complet durând de fapt 22 de ani. Activitatea solară este caracterizată prin numărul de pete solare, numărul de erupții solare și radiația solară. Cel mai bun indice este considerat cel al radiației de 2,8 GHz, adică al radiației cu lungimea de undă de 10,7 cm. În afară de ciclul cu durata de 22 de ani există și variații cu perioadă mare de timp.

Al 24-lea ciclu solar este al 24-lea ciclu solar de după 1755, când a început înregistrarea observațiilor astronomice asupra petelor solare. Este ciclul solar curent, el a început la 8 ianuarie 2008.

### 1.1.3. Lumina ca radiație electromagnetică purtătoare de energie

Lumina emisă de Soare este o undă electromagnetică formată din particule elementare numite fotoni, care se propagă în direcție rectilinie cu viteza de 300.000

km/s. Fotonii sunt particule elementare formate în Soare în urma reacțiilor termonucleare care au loc prin ciocnirea a doi atomi de hidrogen, element existent din belșug în componența Soarelui. Reacția termonucleară are loc la temperaturi foarte mari de milioane de grade. După ciocnirea atomilor de hidrogen se formează heliu și se emite un foton. Spre deosebire de undele mecanice, precum vibrațiile, unda electromagnetică nu are nevoie de un material (lichid, gaz sau solid) pentru a se deplasa, ci se poate propaga și în vid. Făcând o fotografie, o oscilogramă într-un moment dat unui segment de undă electromagnetică, vom vedea un parcurs sinusoidal cu vârfuri ale câmpului electromagnetic și cu valori minime, care alternează uniform la intervale egale de timp. Înălțimea vârfurilor se numește „amplitudine A”, iar distanța între două vârfuri succesive este „lungimea de unda - Lamda” a radiației electromagnetice luminoase.

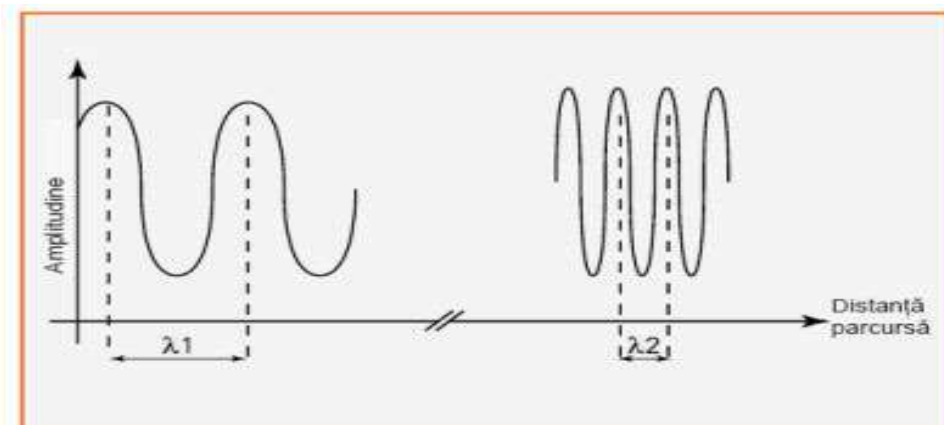


Fig. 1.6. Forma undei de lumină

Tipul și caracteristicile fizice ale undelor electromagnetice sunt clasificate după Lungimile de undă care compun „spectrul electromagnetic” care se întinde de la razele Gamma, cu lungimi de undă cele mai mici, până la undele radio de lungimi mari. În partea mediană a acestui spectru între 0,3 și 10 nanometri, exista ceea ce noi numim „lumina” (percepută de ochiul uman). Radiația solară (numită impropriu lumina) este compusă dintr-un fascicul de unde electromagnetice cu lungimi de undă și amplitudini variate, care transportă o cantitate de energie E. În lumina soarelui care străbate spațiul dintre Soare cel care o emite și Pământ, cel care o recepționează, exista toate frecvențele spectrului electromagnetic, în cantități și intensități ( $W/m^2$ ) diferite.



Fig. 1.7. Spectrul radiației luminoase