

# Astronomia dincolo de vizibil

**Beatriz García, Ricardo Moreno, Rosa M. Ros**

Uniunea Astronomică Internațională, Universitatea Tehnologică Națională (Mendoza, Argentina), Școala Retamar (Madrid, Spania), Universitatea Tehnică din Catalonia (Barcelona, Spania)

## Sumar

Corpurile cerești emit radiații în numeroase lungimi de undă a spectrului electromagnetic, majoritatea fiind invizibile pentru ochiul uman, ce percepe doar o parte foarte mică a spectrului de radiație. Există multe metode de a demonstra existența acestor radiații, dincolo de spectrul vizibil, metode ce folosesc experimente simple. Acest material este o introducere în a vedea dincolo de ceea ce se percepe cu ajutorul unui telescop, folosind metode folosite în școlile primare și gimnaziale.

## Obiective

Aceste activități sunt propuse pentru a putea explica fenomene ce nu pot fi observate cu ajutorul unui telescop pentru amatori, cum ar fi:

- Corpuri cerești ce emit energii electromagnetice ce nu pot fi detectate de ochiul uman. Astronomii sunt interesați de aceste radiații pentru că doar radiația din spectrul vizibil nu e suficientă pentru a crea o imagine a Universului cât mai aproape de realitate.
- Emisii vizibile în zonele radio, infraroșu, ultraviolet, microunde și raze X ale spectrului.

## Spectrul electromagnetic

Undele electromagnetice acoperă o varietate largă de frecvențe și lungimi de undă și pot fi clasificate după sursa producerii. Prin clasificare nu sunt diferențiate în totalitate. Mulțimea tuturor undelor electromagnetice se numește spectru electromagnetic.

În figura 1a sunt prezentate diferite regiuni ale spectrului electromagnetic. De asemenea, sunt indicate distanțele între două maxime ale undelor (lungimea de undă  $\lambda$ ) și câteva obiecte în funcție de mărimea lor: atomi, insecte, munți ..., pentru a putea face o comparație între mărimea undelor.

În aceeași figură se pot vedea Soarele și Saturn fotografiate în lungimi de undă neperceptibile pentru ochiul uman. Fotografiile au fost realizate cu ajutorul unor filtre speciale sensibile la aceste lungimi de undă.

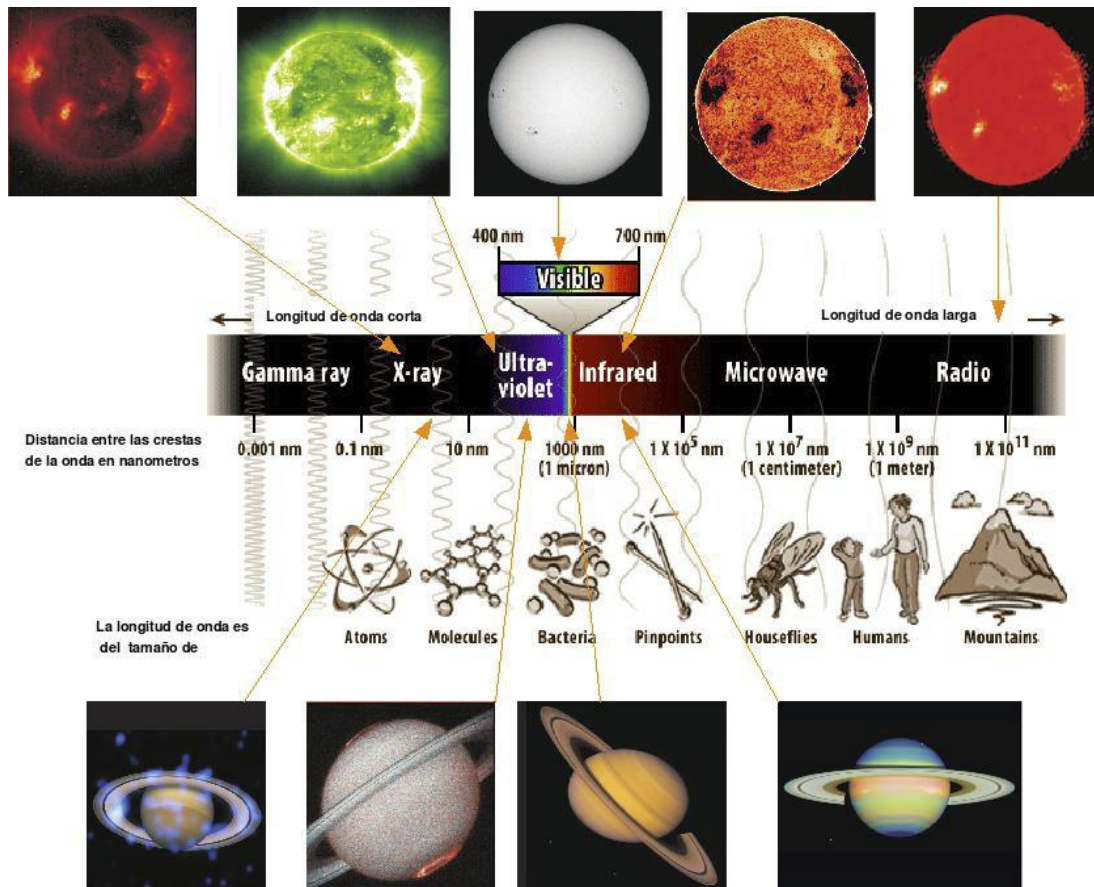


Fig. 1: Spectrul electromagnetic cu obiecte ale căror mărimi coincide cu mărimea undelor. Soarele (sus) și Saturn (jos), observate în diferite lungimi de undă (culorile sunt simulate)

În Univers se găsește materie având temperaturi mult mai scăzute decât stelele, de exemplu norii interstelari. Acești nori nu emit radiație vizibilă, dar pot fi detectați în lungimi mari de undă: infraroșu, microunde și unde radio.

Observând Universul în toate regiunile spectrului electromagnetic, “observații în mai multe lungimi de undă”, se obține o imagine mult mai clară despre structură, temperatură și energie, putând crea modele cosmologice mult mai realiste.

În figura 2 se pot vedea imagini ale centrului galaxiei noastre, imagini luate de Spitzer Space Telescope (infraroșu), Hubble (în vizibil) și Chandra (raze X). În fiecare dintre cele trei imagini se pot observa detalii și obiecte invizibile în alte lungimi de undă.

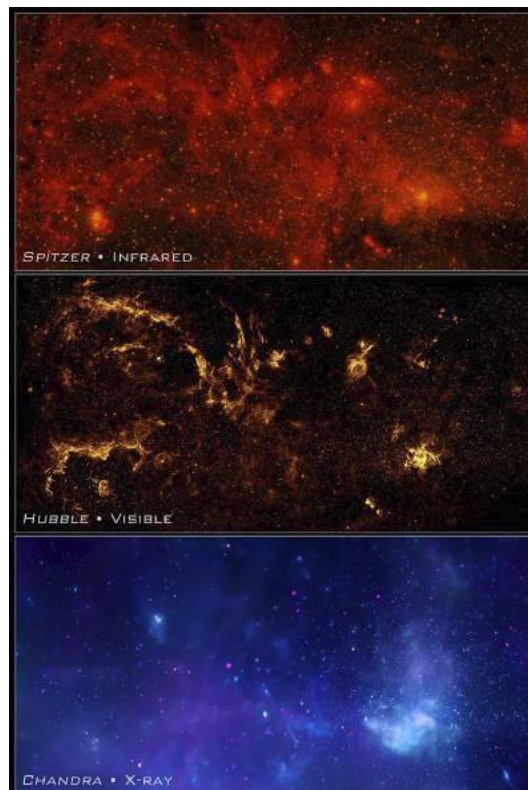


Fig. 2. Centrul Căii Lactee în diferite lungimi de undă

## Activitatea 1. Construirea unui spectrometru

Lumina albă provenită de la un bec cu filament este compusă din toate culorile, în timp ce lumina de la o lampă cu gaz are în compoziție doar anumite culori. Separând culorile din care este compusă lumina, se obține spectrul luminii, care, în cazul gazelor, este alcătuit doar dintr-o mulțime de linii colorate. Fiecare tip de gaz are spectrul său care reprezintă „codul de bare” al componentelor gazului. Privind printr-un spectrometru lumina provenită de la o galaxie îndepărtată, liniile caracteristice hidrogenului și a altor gaze apar distribuite înspre roșu (deplasarea spre roșu).

Cu ajutorul unei foarfece tăiați o bucată dintr-un CD sau DVD (fig. 3a) care nu are etichetă. Dacă folosiți un DVD, separați stratul superior de partea de jos a DVD-ului (s-ar putea să aveți nevoie de o foarfecă) și astfel aveți pregătită rețeaua de difracție. În cazul unui CD există un singur strat de plastic, însă trebuie îndepărtat cu mare atenție stratul metalic (ar putea fi de folos un cuțit ascuțit sau o lamă de ras).

Copiați machetele din figura 5, de preferat pe format A3. Decupați după contur (inclusiv părțile albe și secțiunile curbe) și faceți un orificiu subțire în porțiunea gradată. Nu e nevoie să decupați întreaga porțiune gradată. Asamblați cutia cu partea neagră în interior, și lipiți marginile. În orificiul obținut de secțiunea curbă inserați bucata de CD sau DVD.

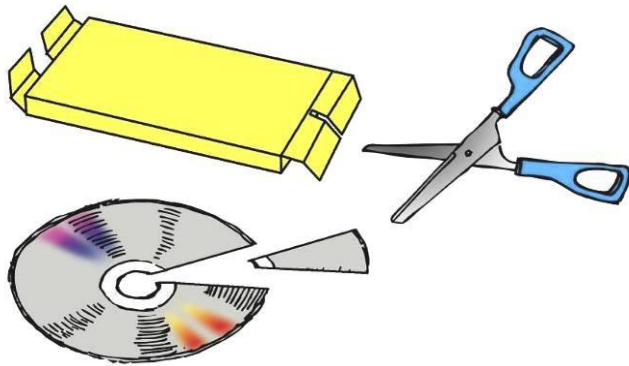


Fig. 3a: Materialele necesare pentru spectrometru: DVD, foarfecă și cutie din hârtie



Fig. 3b: Îndepărtarea stratului metalic de pe CD cu ajutorul unei benzi adezive

Priviți prin bucata de DVD și îndreptați fanta făcută la cutie către un bec sau un neon (figura 4). Ar trebui să observați liniile de emisie a gazelor din bec. Dacă reușiți din prima încercare, mișcați fanta încet, înainte și înapoi, până când vor apărea liniile. Unitatea de măsură pentru scala dată este nanometrul (5 corespunde a 500 nm). Cu cât fanta e mai îngustă exactitatea măsurării lungimilor de undă e mai mare.



Fig.4 Privind lumina unei lămpi fluorescente.

Cutie se poate construi și din carton, însă pentru scala de măsurat se decupează forma din carton și se lipește în loc scala făcută din hârtie pentru a putea vedea prin ea.

De asemenea, se pot observa luminile de la lămpile stradale (funcționează atât cu lumina portocalie-sodiu cât și cu lumina albă-mercur). Becurile clasice incandescente vor produce un spectru continuu.

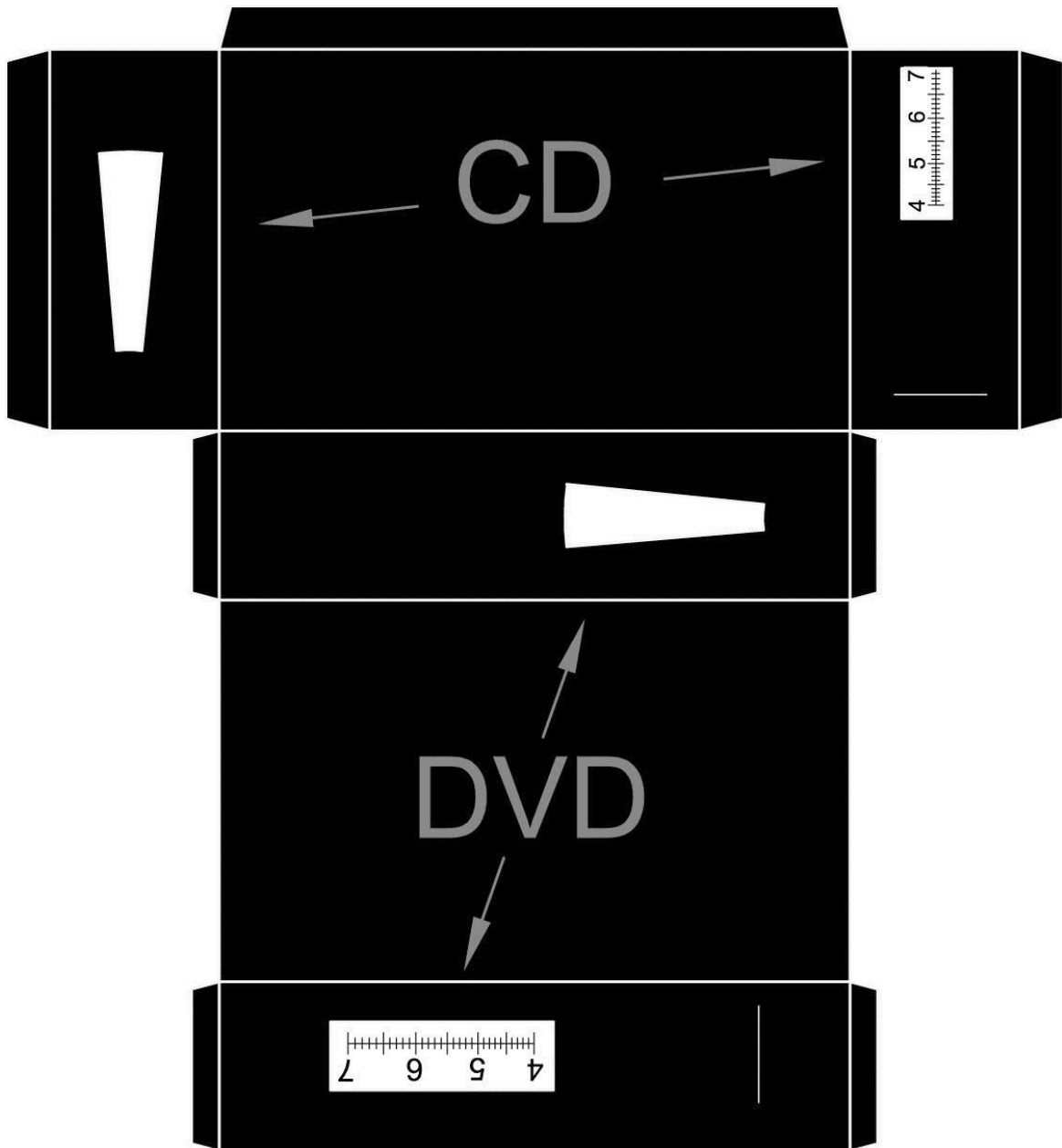


Fig. 5 Macheta pentru spectrometru.

Elevii mai mici pot descompune lumina obținând un curcubeu. Se folosește un furtun cu stropitoare, având Soarele în spate (figura 6).



Fig. 6: descompunerea luminii folosind un furtun

## Ce reprezintă radiația în INFRAROȘU?

Regiunea undelor infraroșii din spectru electromagnetic a fost descoperită de William Herschel (descoperitorul planetei Uranus) în anul 1800 folosind o prismă și un termometru. Herschel a obținut spectrul luminii, trecând lumina Soarelui printr-o prismă optică și a folosit patru termometre: unul în zona albastră a spectrului, unul în zona roșie a spectrului (ambele culori fiind detectate cu ochiul liber) iar al treilea l-a plasat sub zona roșie. Cu al patrulea termometru a măsurat temperatura ambientală, observând că temperatura înregistrată de cel de-al treilea termometru (aflat “sub” zona roșie - de aici și denumirea de “infra” roșu) era mai mare decât temperatura ambientală.

Herschel a făcut și alte experimente cu “unde calde” (după cum le-a numit) ce există sub zona roșie a spectrului, demonstrând că sunt reflectate, refractate, absorbite și transmise exact ca lumina vizibilă. Aceste “unde calde” au fost denumite, mai târziu, unde infraroșii sau radiație infraroșie. Aceste descoperiri au fost urmate de altele, folosite în numeroase aplicații tehnologice.

Corpurile aflate la temperaturi joase nu emit în spectrul vizibil, ci în lungimi de undă mai lungi, astfel încât energia degajată este mai mică. De exemplu, corpul nostru și animalele emit radiație infraroșie, nepercepută cu ochiul liber, însă percepută sub formă de căldură eliberată de corp. Toate obiectele la diverse temperaturi emit în infraroșu (figura 6 și 7). Instrumente specifice de vedere pe timp de noapte ne permit să înregistrăm această radiație.

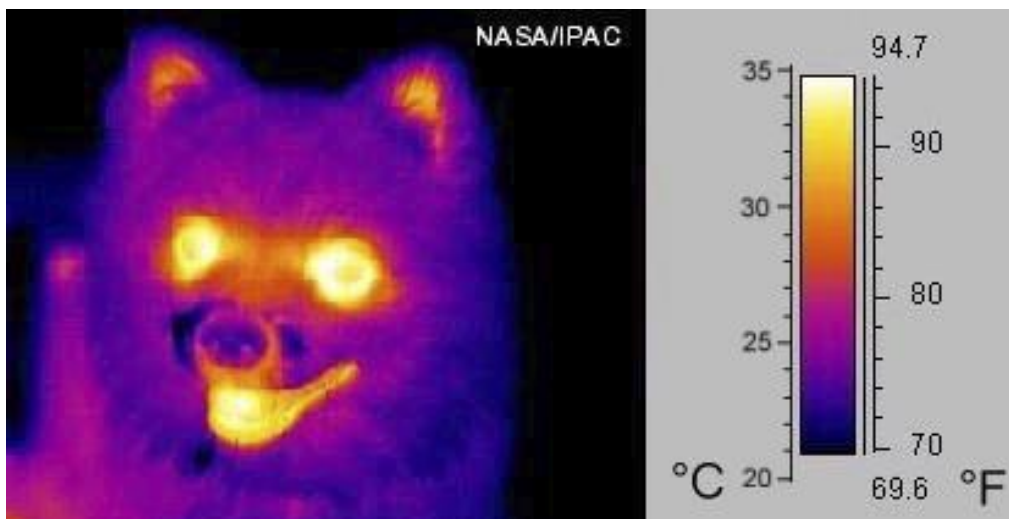


Fig. 7. Fotografie în infraroșu. Se pot identifica diferitele zone în funcție de temperatură.

## Activitatea 2. Experimentul Herschel în infraroșu

Scopul acestei activități este reproducerea experimentului Herschel, din anul 1800, în urma căruia Sir William Herschel a descoperit o altă formă de radiație în afara luminii vizibile. Materialele necesare sunt: prismă de sticlă, patru termometre, marker permanent negru, foarfece, bandă adezivă, o cutie de carton și un cearcef alb. Bulbul termometrelor se va acoperi cu bandă adezivă colorată în negru pentru a absorbi mai bine căldura.

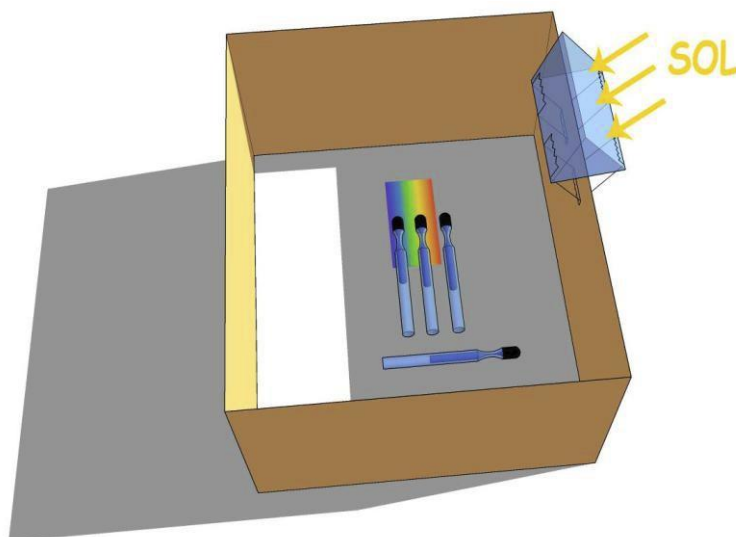


Fig. 8 Dispozitivul lui Herschel: cele 3 termometre din spectru măsoară temperaturi mai înalte decât temperatura ambientală

Experimentul ar trebui să fie efectuat în aer liber, într-o zi foarte însorită. Dacă este vânt, experimentul poate fi efectuat în interior, cu condiția să existe o fereastră prin care lumina soarelui intră direct. Se pune o foaie albă în partea de jos a cutiei de carton. Prisma este plasată cu grijă pe marginea de sus a cutiei, astfel încât să fie în partea din care bate Soarele.

În interiorul cutiei trebuie să fie totul sau aproape totul în umbră (figura 8 și 9a), b), c)). Prisma se rotește cu grijă, până când pe fundul cutiei se formează un spectru cât mai larg.

După prinderea prisme cu bandă adezivă în poziția corespunzătoare, se fixează cele trei termometre astfel încât bulbul termometrelor să fie pe câte o culoare din spectru: unul în regiunea albastră, unul în regiunea galbenă, iar cel de-al treilea lângă regiunea de roșu vizibil. Termometrele trebuie fixate astfel încât să fie vizibilă scala termometrului, pentru a nu le mișca atunci când se culeg datele. (figura 8 și 9 a), b), c))



Fig.9a: Cele trei termometre se fixează cu bulbul , în partea umbră a cutiei

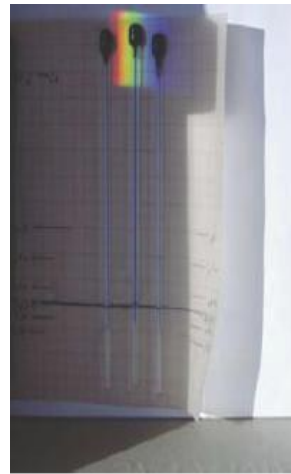


Fig.9b: Termometrele în albastru, galben și imediat lângă roșu

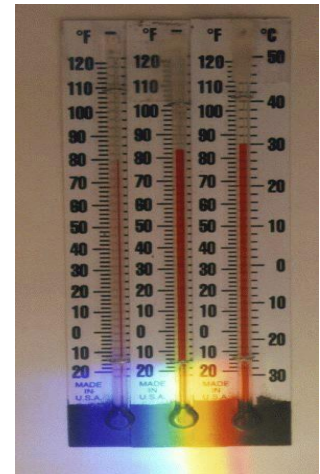


Fig.9c: Un exemplu de măsurătoare după 3 minute (www.spitzer.caltech.edu)

Valoarea temperaturii se va stabiliza după aproximativ cinci minute. În fiecare minut se vor înregistra valorile temperaturii, într-un tabel asemănător cu cel de mai jos, pentru fiecare dintre cele trei zone precum și pentru mediul ambiant. Foarte mare atenție ca termometrele să nu fie mișcate sau lumina să fie obturată.

Termometrul aflat în zona galbenă (figura 9c) ar trebui să indice o temperatură mai mare decât cel aflat în zona albastră, iar cel aflat lângă regiunea roșie indică o temperatură încă și mai mare, concluzia logică fiind că termometrul aflat lângă regiunea roșie absoarbe un tip de radiație solară, invizibilă pentru ochi.

	Termometrul 1, în albastru	Termometrul 2, în galben	Termometrul 3, lângă zona roșie	Termometrul 4, mediul ambiant
După 1 minut				
După 2 minut				
După 3 minut				
După 4 minut				
După 5 minut				

Tabel 1: Tabelul de date



### Activitatea 3. Detectarea undelor IR folosind metode moderne de detectare

Instrumentele moderne de detectare a radiației în infraroșu emisă de corpul omenesc sunt extrem de costisitoare, nefiind la îndemâna oricui.

Telecomanda televizorului sau cuptorul cu microunde sunt doar două exemple de instrumente aflate la îndemâna oricui care folosesc radiația IR. Există oare o metodă prin care radiația IR sa devină ușor observabilă?

Pentru aceasta e nevoie de un detector sensibil la IR. Un astfel de dispozitiv este camera CCD (Charged Coupled Device). Acest dispozitiv, folosit cu predilecție în astronomie, poate captura și colecta fotoni de la o sursă într-o perioadă determinată de timp, astfel încât obiectul ce emite/reflectă lumină devine vizibil. Dispozitivul CCD este mai sensibil în regiunea roșie a spectrului, în unele cazuri chiar și la infraroșu. Orice cameră foto modernă are la bază un dispozitiv CCD, ce permite fotografierea în condiții de iluminare slabă. Cel mai la îndemână aparat ce are încorporată o cameră de luat vederi, implicit un dispozitiv CCD, este telefonul mobil.



Fig. 10a: Telecomanda activată, cu ochiul liber



Fig. 10b Telecomanda activată, cu ajutorul camerei foto

Privind telecomanda televizorului cu ochiul liber, nu se observă nici o diferență între telecomanda activată sau oprită. Făcând însă o poză, folosind telefonul mobil, telecomenzii activate (figura 10b) ... surpriză! Instrumentul folosit pentru a transmite semnale la televizor sau alt echipament electronic folosește lumină infraroșie, lumină ce este invizibilă cu ochiul liber, dar care devine vizibilă cu ajutorul camerei de luat vederi

## Activitatea 4. Detectarea radiației în infraroșu provenită de la un bec

Majoritatea corpurilor cerești emit în mai multe lungimi de undă. Dacă între corpul ceresc și observator se interpune praf sau gaz, unele lungimi de undă vor fi blocate. De exemplu, praful din centrul galaxiei noastre ne împiedică să vedem lumină puternică provenită de la milioanele de stele concentrate acolo. Dacă praful este transparent la radiația în infraroșu, aceasta poate fi detectată de pe Pământ. La fel se întâmplă cu orice nor de praf din galaxia noastră (figura 11a și 11b).



Fig. 11a: Nor de praf în regiunea vizibil



Fig. 11b: Prin suprapunerea imaginii in infraroșu

Un bec cu filament va emite majoritar în spectrul vizibil, însă emite și în infraroșu. Radiația infraroșie poate trece prin materiale care sunt opace pentru spectrul vizibil.

Putem folosi o lanternă și un material de pâslă ce blochează lumina vizibilă. Într-o cameră întunecată se aprinde lanterna și se acoperă cu pâslă. Dacă e necesar se pot folosi două sau trei straturi de pâslă; atenție însă, dacă se folosesc prea multe straturi, radiația în infraroșu poate fi de asemenea blocată. Cu ajutorul unei camere foto, în camera întunecată, se poate distinge becul lanternei (figura 12a și 12b).



Fig. 12a și 12b: Pâsla blochează lumina vizibilă dar nu blochează radiația în infraroșu.

## Activitatea 5. Constelații cu ajutorul luminii infraroșii

Din magazinele de electronice, sau online, se pot achiziționa LED-uri cu infraroșu, similare cu cele folosite pentru telecomanda televizorului. Sunt foarte ieftine (aproximativ 0,2 euro). Funcționează cu baterii de 3 sau 9V, sau cu o sursă de alimentare de curent continuu. Sunt conectate în paralel cu o rezistență între 100 și 500  $\Omega$ .

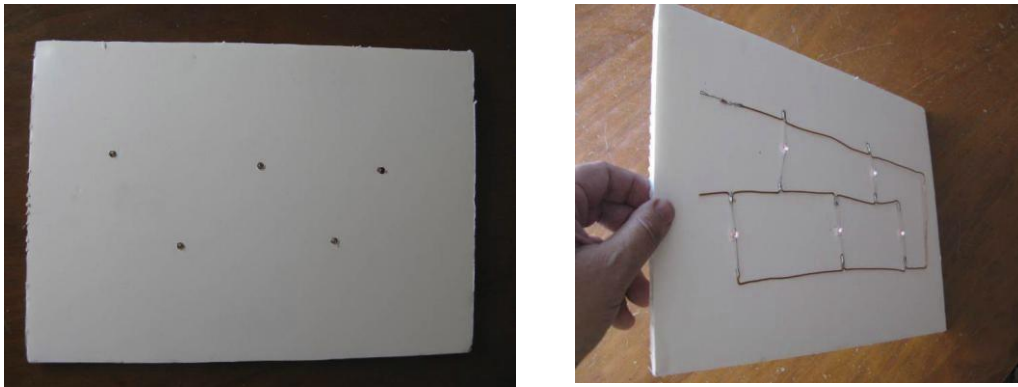


Fig. 13a și 13b: Cassiopeia realizată cu LED-uri infraroșii, conectate în paralel.

Se poate realiza un circuit folosind aceste LED-uri, sub forma unei constelații: Cassiopeia (fig.13a și 13b), Orion, Crucea Sudului sau Ursa Mare, de exemplu. Folosind o cameră foto se pot observa aceste constelații în infraroșu.

## Activitatea 6. Constelații folosind telecomanda

O activitate mult mai ușoară decât precedenta este formarea unei constelații folosind câteva telecomenzi cu infraroșu. Dacă acestea sunt fotografiate într-o cameră întunecată, se poate vedea constelația formată (figura 14a și 14b).

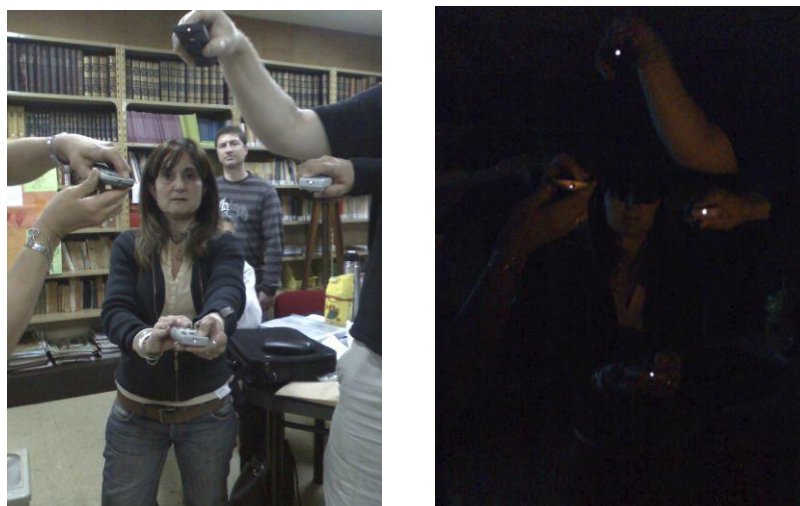


Fig. 14a și 14b: Constelația Crucea Sudului folosind telecomenzi

## Energie electromagnetică în zona radio

Radiația electromagnetică cu lungimi de undă de la metri la kilometri se numește radiație radio (unde radio). Undele radio sunt folosite în scopuri comerciale (telecomunicații) însă ajung la noi și din spațiu, dezvăluind ceea ce alte lungimi de undă nu reușesc (figura 15a, 15b și 15c).

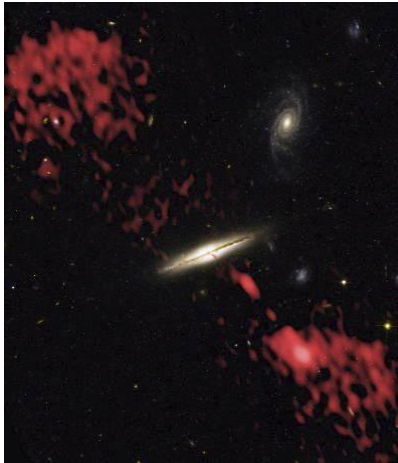


Fig. 15a: Jeturile emise de această galaxie sunt detectabile doar în radio (colorate artificial în roșu)



Fig. 15b: Galaxia NGC 4261 în vizibil

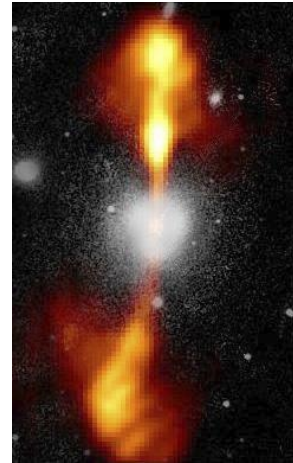


Fig. 15c: Aceeași galaxie în radio (culoarea roșie e adăugată artificial)

În Univers sunt foarte multe surse radio: centrul galaxiei noastre, stele neutronice sau chiar planete ca Jupiter.

## Activitatea 7: Producerea de unde radio

Când deschideți și închideți un circuit electric se produc unde radio, similare cu cele emise comercial. Există posibilitatea de a le captura cu ajutorul unui aparat de radio în banda AM și a le transforma în sunet, care reprezintă un alt tip de unde. Puterea acestor emisii radio scade atunci când receptorul se îndepărtează de sursă. Undele radio pot trece prin orice fel de obstacole, chiar și prin ziduri.

Pentru a face acest lucru, vom lua două bucăți de sârmă de aproximativ 20 cm fiecare. Se elimină izolația la cele două capete ale unuia dintre cabluri. Pentru celălalt cablu se elimină izolația de la un capăt, se lasă aproximativ 10 cm cu izolație, restul izolației îndepărtându-se. La capătul fără izolație, sârma se va strânge sub forma unei bile. Celălalt capăt se conectează la o baterie de 9V.

Se va folosi un creion ascuțit la ambele capete. Se va folosi grafitul creionului ca sursă de radiație radio. La un capăt al creionului se conectează prima bucată de sârmă, fixându-l cu bandă izolatoare. Celălalt capăt este conectat la firul conectat la baterie (figura. 16).



Fig. 16: Producerea de unde radio.

Radioul se pornește în banda AM (nu FM). Cu vârful liber al creionului se lovește bila de sârmă. Se schimbă frecvența radioului până se va auzi la radio cum se atinge bila de sârmă. Se poate încerca să se pună diferite obstacole între emițător și radio, se poate chiar muta radioul în altă cameră pentru a verifica dacă recepționează undele radio sau nu.

## Lumina ultravioletă

Fotonii radiației ultraviolet au mult mai multă energie decât cei ai luminii vizibile. De aceea, în cantitate mare (la expunere îndelungată), pot distruge legăturile chimice ale moleculelor organice, fiind fatali pentru viață. Datorită acestor proprietăți, radiația ultravioletă este folosită pentru sterilizarea ustensilelor chirurgicale.

Soarele emite radiație ultravioletă, însă, din fericire, atmosfera terestră (în special stratul de ozon) filtrează majoritatea radiației ultraviolete, ajungând la noi doar cantitatea necesară pentru menținerea vieții. Datorită radiației ultraviolete, pielea se bronzează la expunerea la Soare, însă o expunere prea îndelungată poate cauza cancer de piele. Pentru fotosinteză plantele folosesc, de asemenea, radiație ultravioletă. Însă, dacă stratul de ozon se subțiază, Pământul va primi o cantitate mult prea mare de radiație ultravioletă, iar incidența bolilor de tip cancer va crește semnificativ.

## Activitatea 8. Lumina neagră (UV)

Există becuri cu lumină neagră ce emit în ultraviolet, și care sunt adesea utilizate pentru creșterea plantelor în sere sau locuri puțin luminate. Sticla acestor becuri este, de cele mai multe ori, aproape neagră, emițând o cantitate foarte mică de lumină vizibilă albastră. Unele fabrici de textile folosesc agenți de albire, pentru materialele albe, care reflectă această lumină într-un violet luminos. De aceea, acest tip de iluminare este folosit în discoteci (cluburi), unde țesăturile albe devin strălucitoare.

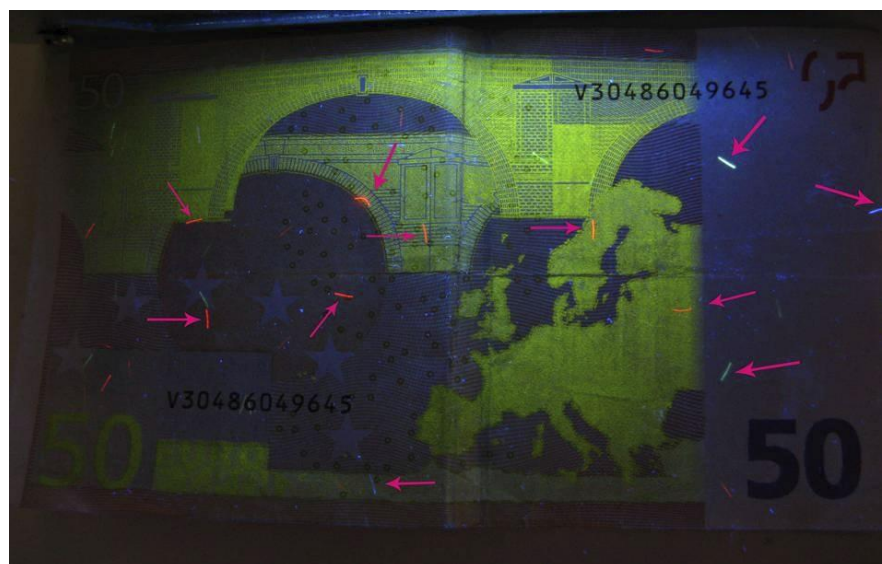


Fig. 17: O bancnotă de 50 € iluminată cu lumină UV



Fig. 18: Detector de bancnote false, cu UV.

Această proprietate e folosită și pentru fabricarea hârtiei majorității bancnotelor: se pot observa linii fluorescente la radiația UV (fig. 17). Tocmai de aceea bancnotele sunt foarte greu de falsificat. Detectoarele de bancnote falsificate au la bază radiația ultravioletă (figura 19). Multe acte oficiale au, de asemenea, însemne vizibile doar cu UV.

## Razele X

Radiația X este încărcată cu și mai multă energie decât UV. Este folosită, în medicină, în radiologie (figura 19).



Fig. 19: Razele X folosite în medicină. Fig. 20: Centrul galaxiei M81 fotografiat în raze X sugerează prezența unei găuri negre supermasive

În Univers, radiația X este specifică evenimentelor cu un consum/eliberare foarte mare de energie: găuri negre, quasari, supernove etc. Misiunea telescopului spațial Chandra este de a detecta și monitoriza astfel de obiecte/evenimente (figura 20).

## Radiația Gamma

La capătul spectrului, cu lungimi de undă mai scurte decât radiația X, se găsește radiația gamma. Este radiația cea mai încărcată de energie. În Univers sunt diferite surse (fig. 21) și destul de frecvent se detectează erupții violente ce emit o cantitate mare de radiație gamma pentru câteva minute sau câteva ore.

Având o lungime de undă mică, este destul de greu pentru a identifica cu exactitate sursa de radiație. Nucleu activ galactic, pulsari și supernove au fost identificate până acum ca fiind emițătoare de radiații gamma. Pe Pământ, radiația gamma este emisă de majoritatea elementelor radioactive. La fel cu radiația X, radiația gamma este folosită în medicină în imagistică (figura 22) precum și în terapii pentru boli precum cancerul.

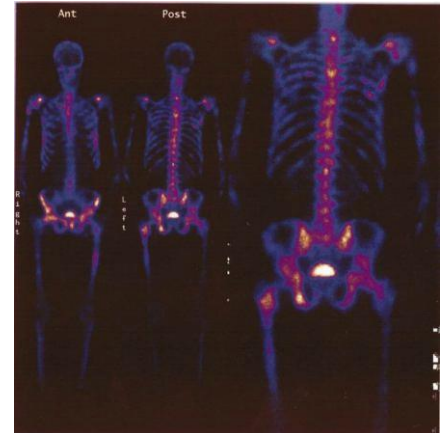
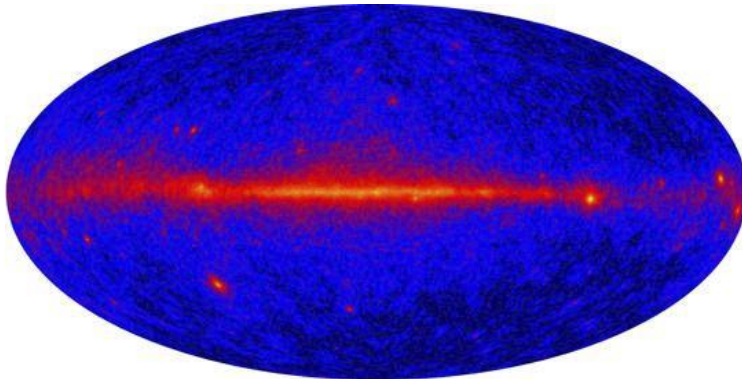


Fig. 21: Harta Universului cu ajutorul "Fermi Gamma-ray Space Telescope". Linia centrală este Galaxia noastră. Fig. 22: Scanarea oaselor cu radiație gamma

## Bibliografie

- Moreno, R, Experimentos para todas las edades, Ed. Rialp. Madrid, 2008.
- Ros, R.M, Experiments and exercises involving gravitational lenses, Proceedings 1st ESO-EAAE Astronomy Summer School, Barcelona, 2007.
- Ros, R.M, Gravitational lenses in th classroom, Physics Education, 43, 5, 506, 514, Oxford, 2008.

## Surse Internet

- Spitzer Telescope, Educacion, California Intitute of Technology.  
<http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>
- Chandra X-ray Observatory  
<http://chandra.harvard.edu/about/>
- The Fermi Gamma-ray Space Telescope  
<http://fermi.gsfc.nasa.gov/>
- About gravitational lenses:  
<http://www-ra.phys.utas.edu.au/~jlovell/simlens>  
<http://leo.astronomy.cz/grlens/gr10.html>