

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 Instituția de învățământ superior | Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca     |
| 1.2 Facultatea                        | Facultatea de Fizică                        |
| 1.3 Departamentul                     | Departamentul de Fizică Biomoleculară       |
| 1.4 Domeniul de studii                | Fizică                                      |
| 1.5 Ciclul de studii                  | Licentă                                     |
| 1.6 Programul de studiu               | Fizică medicală, Fizică, Fizică informatică |

### 2. Date despre disciplină

|  |                           |               |   |                       |   |                         |    |
|--|---------------------------|---------------|---|-----------------------|---|-------------------------|----|
| 2.1 Denumirea disciplinei                | Astrofizică și cosmologie |               |   |                       |   |                         |    |
| 2.2 Titularul activităților de curs      | Tiberiu Csaba Harko       |               |   |                       |   |                         |    |
| 2.3 Titularul activităților de seminar   | Tiberiu Csaba Harko       |               |   |                       |   |                         |    |
| 2.4 Titularul activităților de laborator | -                         |               |   |                       |   |                         |    |
| 2.5 Anul de studiu                       | III                       | 2.6 Semestrul | 6 | 2.7 Tipul de evaluare | E | 2.8 Regimul disciplinei | DS |

### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

|  |     |             |    |               |    |  |     |
|--|-----|-------------|----|---------------|----|--|-----|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână  |     | Din care:   |    |               |    |  |     |
| 3.2 curs   | 2   | 3.3 seminar | 1  | 3.4 laborator | 1  |  |     |
| 3.5 Total ore din planul de învățământ   | 48  | Din care:   |    |               |    |  |     |
| 3.6 curs   | 24  | 3.7 seminar | 12 | 3.8 laborator | 12 |  |     |
| Distribuția fondului de timp:  |     |             |    |               |    |  | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe                                    |     |             |    |               |    |  | 25  |
| Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren |     |             |    |               |    |  | 10  |
| Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                          |     |             |    |               |    |  | 15  |
| Tutoriat   |     |             |    |               |    |  | 6   |
| Examinări  |     |             |    |               |    |  | 4   |
| Alte activități:   |     |             |    |               |    |  | -   |
| 3.9 Total ore studiu individual  | 60  |             |    |               |    |  |     |
| 3.10 Total ore pe semestru   | 108 |             |    |               |    |  |     |
| 3.11 Numărul de credite  | 5   |             |    |               |    |  |     |

### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

|                   |  |
|-------------------|--|
| 4.1 de curriculum | Cursuri de fizică generală/ Biofizică                |
| 4.2 de competențe | Abilitați aplicative de fizică generală și biofizică |

### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 5.1 de desfășurare a cursului      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studenții vor respecta comportamentul impus de instituție, nu vor perturba desfășurarea cursului prin folosirea de telefoane mobile.</li> <li>• Echipament informatic și software pentru prezentări multimedia</li> <li>• Sală de curs cu conexiune la Internet</li> <li>• Protejarea proprietății intelectuale a titularului de curs asupra tuturor materialelor didactice distribuite studenților prin mijloace digitale</li> </ul> |
| 5.2 de desfășurare a seminarului   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studenții trebuie să posede cunoștințe de operare pe calculator și de prelucrare a datelor digitale</li> <li>• Prezența studenților la seminar este obligatorie</li> <li>• Cunoașterea noțiunilor predate la curs</li> </ul>  |
| 5.3 de desfășurare a laboratorului | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prezența studenților la laborator este obligatorie</li> <li>• Cunoașterea noțiunilor predate la curs și seminar</li> <li>• Studenții se vor prezenta la laborator îmbrăcați adecvat, conform cerințelor impuse de facultate sau, după caz, cerințelor clinicilor vizitate</li> </ul>  |

## 6. Competențele specifice acumulate

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Competențe profesionale</b> | <p>C1. Cunoașterea și utilizarea corectă a conceptelor introductive din astrofizica și cosmologie utilizate în descrierea observațiilor curente, precum și obținerea capacității de interpretare corectă a fenomenelor astrofizice și cosmologice</p> <p>C2. Efectuarea de calcule din domeniul astrofizicii și cosmologiei, și posibilitatea de a aplica modelele teoretice pentru interpretarea datelor observationale</p> <p>C3. Aplicarea cunoștințelor din domeniul astrofizicii și cosmologiei în situații concrete din domenii conexe, și posibilitatea de export de cunoștințe în alte domenii. Utilizarea de pachete software pentru analiza și prelucrarea datelor observationale în testarea modelelor teoretice. Înțelegerea modului de utilizare a aparaturii standard de laborator de cercetare (telescoape, radiotelescoape, spectrografe) pentru efectuarea de cercetări în domeniul observational.</p> <p>C4. Interpretarea informațiilor provenite din observații astrofizice și cosmologice și transmiterea lor într-o formă coerentă și accesibilă.</p> <p>C5. Abordarea interdisciplinară a unor teme din domeniul fizicii.<br/>         Lucru în echipe prin participarea unor membri activi cu caracter profund interdisciplinar (matematicieni, fizicieni, informaticieni, astronomi) pentru stabilirea modului optim de analiză a datelor observationale, al metodelor de investigare statistică, și pentru aplicarea/selecția optimă a modelelor teoretice.</p> |
| <b>Competențe transversale</b> | <p>CT1. Realizarea sarcinilor profesionale în mod eficient și responsabil cu respectarea legislației deontologice specifice domeniului sub asistență calificată.</p> <p>CT2. Aplicarea tehnicilor de muncă eficientă în echipă multidisciplinară pe diverse paliere ierarhice. Identificarea rolurilor și responsabilităților într-o echipă și aplicarea de tehnici de relaționare și muncă eficientă în cadrul echipei</p> <p>CT3. Utilizarea eficientă a surselor informaționale și a resurselor de comunicare și formare profesională asistată, atât în limba română, cât și într-o limbă de circulație internațională.</p> <p>CT4. Formarea competențelor de utilizare a calculatorului și unor competențe digitale; crearea și editarea de conținut digital</p> <p>CT5. Folosirea instrumentelor digitale pentru a inova procese și produse, precum și protejarea dispozitivelor, conținuturilor digitale, a datelor personale și a confidențialității în medii digitale.</p> <p>CT6. Interacțiunea, comunicarea și colaborarea prin intermediul tehnologiilor digitale</p>  |

## 7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor acumulate)

|  |  |
|--|--|
| <b>7.1 Obiectivul general al disciplinei</b> | Prezentarea unor noțiuni, fenomene, legi și principii fizice ce stau la baza interpretării fenomenelor astrofizice și cosmologice  |
| <b>7.2 Obiectivele specifice</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Înțelegerea bazelor teoretice ale descrierii forțelor gravitaționale. Introducerea fundamentelor matematice ale teoriei relativității generale, și ale teoriilor cosmologice.</li> <li>• Aplicarea conceptelor relativiste pentru descrierea dinamicii sistemului Solar, ale proprietăților stelare, ca și ale evoluției cosmologice. Înțelegerea modului de funcționare ale instrumentației astronomice și astrofizice (telescoape, radiotelescoape, spectrografe), și ale tehnicilor digitale legate de prelucrarea informației astronomice.</li> <li>• Dobândirea unor abilități practice de obținere și prelucrare ale datelor astronomice, folosind programe informatice personalizate, și pentru analiza semnalelor din spectrul electromagnetic</li> <li>• Dezvoltarea cunoștințelor și abilităților necesare pentru modelarea teoretică a datelor observationale obținute prin diverse canale optice prin folosirea telescoapelor, prin utilizarea de pachete software adaptate.</li> </ul> |

## 8. Conținuturi

| 8.1 Curs  | Metode de predare  | Observații |
|---|--|------------|
| <b>1. Noțiuni introductive: bazele experimentale și observationale ale teoriilor relativiste ale gravitației</b>  | Expunerea, conversația euristica   | 2 ore      |
| <b>2. Bazele matematice ale teoriei relativității generalizate.</b> Transformările Lorentz. Vectori și tensori. Spațiul cuadri-dimensional. Derivata covariantă. Simbolurile Christoffel. Tensorii Riemann, Ricci, și Einstein. Tensorul energie-impuls. Principiile variaționale ale fizicii.  | Expunerea, prelegerea, conversația euristica.  | 2 ore      |
| <b>3. Bazele fizice ale teoriei relativității generalizate.</b> Principiul echivalenței. Experimentul lui Eotvos. Derivarea fenomenologică a ecuațiilor Einstein. Principiul variațional Hilbert-Einstein. Ecuația geodezicelor.  | Prelegerea, expunerea, conversația euristica,  | 2 ore      |
| <b>4. Testele teoriei generale a relativității.</b> Soluția Schwarzschild. Mișcarea planetelor în mecanica relativistă. Precesia periheliului planetei Mercur. Deviația luminii de către Soare. Efectul Shapiro, experimentul Viking. Experimentul Pound-Rebka. Teste laser lunare.   | Expunerea, conversația Euristica   | 2 ore      |
| <b>5. Bazele astrofizicii relativiste.</b> Ecuația Tolman-Oppenheimer-Volkoff. Stele de densitate constantă. Limita Buchdahl. Stele neutronice. Colapsul gravitațional. Ecuația Lane-Emden. Proprietățile stelelor politropice. Gaurile negre. Detectarea observațională a gaurilor negre. Discuri de acretie. Radiația stelară și proprietățile ei. Temperaturi stelare.   | Expunerea, conversația euristica.  | 2 ore      |
| <b>6. Bazele cosmologiei.</b> Distribuția materiei în Univers. Determinarea distanțelor extragalactice. Deplasarea spre roșu. Efectul Doppler. Expansiunea Universului. Legea lui Hubble. Descrierea Newtoniană a expansiunii universale. Modele relativiste de Univers. Ecuațiile Friedmann. Radiația cosmică de microunde. Nucleosinteza elementelor chimice. Modele de inflație.   | Expunerea, conversația.  | 2 ore      |
| <b>Bibliografi</b><br>1. T. Harko and F. S. N. Lobo, Extensions of $f(R)$ gravity, Cambridge, Cambridge University Press, 2018.<br>2. W. D. McComb, Dynamics and relativity, Oxford, Oxford University Press, 1999<br>3. R. Resnick and D. Halliday, Basic concepts in relativity and early quantum theory, New York, McMillan Publishing Company, 1992<br>4. S. Hassani, Mathematical physics: a modern introduction to its foundations, New York, Springer, 1999<br>5. L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical theory of fields, Pergamon Press, Oxford, 1975.<br>6. I. R. Kenyon, General Relativity, Oxford University Press, Oxford, 1990.<br>7. H. C. Ohanian, Gravitation and spacetime, W. W. Norton and Company Inc., New York, 1976<br>8. S. Weinberg, Gravitation and cosmology: principles and applications of the general theory of relativity New York, Wiley, 1972<br>9. A. Banerjee, General relativity, astrophysics and cosmology, Springer Verlag, New York, Berlin, Hong Kong, 1992.<br>10. M. Lachieze-Rey, Cosmology: a first course, Cambridge, Cambridge University Press, 1995. |  |            |
| 8.2 Seminar   | Metode de predare  | Observații |
| <b>1. Bazele relativității restrinse. Elemente de calcul vectorial și tensorial relativist.</b>   | Rezolvare de probleme, analiză rezultatelor experimentale, investigație numerică, interacțiune student-cadru didactic    | 2 ore      |
| <b>2. Principiul echivalenței. Mișcarea planetelor în mecanica Newtoniană.</b> Legile lui Kepler. Traiectoriile Newtoniene. Tensorul energie impuls.  | Rezolvare de probleme prin metode deductive, aplicarea calculului formal și numeric, interacțiune student-cadru didactic | 2 ore      |
| <b>3. Ecuațiile Einstein în relativitatea generalizată.</b> Principiul variațional. Derivarea explicită ale ecuațiilor Einstein. Limita Newtoniană, Derivarea explicită a ecuației geodezicelor.  | Rezolvare de probleme, aplicarea de metode deductive pentru analiza datelor  | 2 ore      |

|   |   |       |
|---|---|-------|
|   | observationale  |       |
| <b>4. Structur stelare Newtoniene si relativiste.</b> Forma adimensionala a ecuatiei Tolman-Oppenheimer-Volkoff. Solutii particulare ale ecuatiilor de structura relativiste. Derivarea ecuatiei de structura Newtoniene. Modele stelare Newtoniene. Gauri negre. | Rezolvare de probleme, interactiune student-cadru didactic                                | ore   |
| <b>5. Bazele observationale ale cosmologiei.</b> Spectre cosmologice. Efectul Doppler. Determinarea observationala a deplasarii spre rosu. Calculul vitezei de expansiune a galaxiilor. Calculul distantelor extragalactice pe baza legii lui Hubble.             | Rezolvare de probleme, Interactiune student-cadru didactic, metode numerice si statistice | 2 ore |
| <b>6. Modele cosmologice. Ecuatiile lui Friedmann.</b> Derivarea ecuatiilor lui Friedmann. Legea conservarii energiei. Modele cosmologice simple. Constanta cosmologica. Energia neagra. Inflatia cosmologica.  | Expunerea, calculul formal si numeric   | 2 ore |
| <b>Bibliografie</b><br>1. T. Padmanabhan, Cosmology and astrophysics through problems, Cambridge; New York, Cambridge University Press, 1996.<br>2. S. Dodelson, Modern Cosmology, Academic Press, Elsevier, New York, 2003                                       |   |       |

| 8.3 Laborator   | Metode de predare                              | Observatii |
|---|--|------------|
| <b>1. Bazele relativitatii restrinse. Elemente de calcul vectorial si tensorial relativist.</b>   | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | 2 ore      |
| <b>2. Principiul echivalentei. Miscarea planetelor in mecanica Newtoniana.</b> Legile lui Kepler. Traiectoriile Newtoniene. Tensorul energie impuls.  | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | 2 ore      |
| <b>3. Ecuatiile Einstein in relativitatea generalizata.</b> Principiul variational. Derivarea explicita ale ecuatiilor Einstein. Limita Newtoniana, Derivarea explicita a ecuatiei geodezicelor.  | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | 2 ore      |
| <b>4. Structur stelare Newtoniene si relativiste.</b> Forma adimensionala a ecuatiei Tolman-Oppenheimer-Volkoff. Solutii particulare ale ecuatiilor de structura relativiste. Derivarea ecuatiei de structura Newtoniene. Modele stelare Newtoniene. Gauri negre. | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | ore        |
| <b>5. Bazele observationale ale cosmologiei.</b> Spectre cosmologice. Efectul Doppler. Determinarea observationala a deplasarii spre rosu. Calculul vitezei de expansiune a galaxiilor. Calculul distantelor extragalactice pe baza legii lui Hubble.             | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | 2 ore      |
| <b>6. Modele cosmologice. Ecuatiile lui Friedmann.</b> Derivarea ecuatiilor lui Friedmann. Legea conservarii energiei. Modele cosmologice simple. Constanta cosmologica. Energia neagra. Inflatia cosmologica.  | Prelucrarea si analiza unor date experimentale | 2 ore      |
| <b>Bibliografie</b><br>T. Padmanabhan, Cosmology and astrophysics through problems, Cambridge; New York, Cambridge University Press, 1996.<br>S. Dodelson, Modern Cosmology, Academic Press, Elsevier, New York, 2003   |  |            |

### 9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului

Conținutul disciplinei este în concordanță cu ceea ce se studiază în alte centre universitare din țară (...) și străinătate (...). Pentru adaptarea la cerințele impuse de piața de muncă, conținutul disciplinei a fost armonizat cu cerințele impuse de specificul învățământului preuniversitar, al institutelor de cercetare și al mediului de afaceri.

### 10. Evaluare

| Tip activitate      | 10.1 Criterii de evaluare  | 10.2 metode de evaluare         | 10.3 Pondere din nota finală |
|---------------------|--|---------------------------------|------------------------------|
| <b>10.4 Curs</b>    | Gradul de asimilare a cunostinte fundamentale                                  | examen                          | 70%                          |
| <b>10.5 Seminar</b> | Capacitatea de folosire a cunostintelor fundamentale in rezolvarea problemelor | verificare pe parcurs, referate | 20%                          |

|   |  |                 |     |
|---|--|-----------------|-----|
| Laborator   | Modul de prelucrare a datelor experimentale. Continutul si corectitudinea referatului. | Notare referate | 10% |
| <b>10.6 Standard minim de performanță</b>               |  |                 |     |
| realizarea a minim 50% din fiecare criteriu de evaluare |  |                 |     |

Semnătură titular curs

*Harko*

Semnătură titular seminar

*Harko*

Semnătură titular laborator

*Harko*

Data completării

14.05.2023

Data avizării în departament

Semnătură director de departament

*A. Jand*