


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Фізичний факультет**  
**Кафедра астрофізики**

**Затверджено**

На засіданні кафедри астрофізики  
фізичного факультету ЛНУ імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 30 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри  Богдан МЕЛЕХ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Лазерно-локаційні спостереження та фотометрія ШСЗ»,**  
**що викладається в межах**  
**ОНП «Теоретична фізика та астрофізика»,**  
**ОНП «Експериментальна фізика»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів із спеціальності 104 Фізика та астрономія**

Львів 2023

<b>Назва дисципліни</b>	Лазерно-локаційні спостереження та фотометрія ШСЗ
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005, Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра астрофізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки. Спеціальність – 104 Фізика та астрономія.
<b>Викладачі дисципліни</b>	Лектор: Мелех Богдан Ярославович, завідувач кафедри астрофізики, докт. фіз.-мат. наук.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:bohdan.melekh@lnu.edu.ua">bohdan.melekh@lnu.edu.ua</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/melekh-bohdan-yaroslavovych">https://physics.lnu.edu.ua/employee/melekh-bohdan-yaroslavovych</a>
<b>Консультації по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації з використанням засобів <i>Microsoft Teams</i> .
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/lazerno-lokatsiyni-sposterezhennia-ta-fotometriia-shsz">https://physics.lnu.edu.ua/course/lazerno-lokatsiyni-sposterezhennia-ta-fotometriia-shsz</a> <a href="https://teams.microsoft.com/_#/school/conversations/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5?threadId=19:826kDgTGfSU4ocFZsOivP0_ILIz5PmiJrY491TynI41@thread.tacv2&amp;ctx=channel">https://teams.microsoft.com/_#/school/conversations/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5?threadId=19:826kDgTGfSU4ocFZsOivP0_ILIz5PmiJrY491TynI41@thread.tacv2&amp;ctx=channel</a> (команда “Лазерно-локаційні спостереження та фотометрія ШСЗ” у <i>Microsoft Teams</i> )
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Лазерно-локаційні спостереження та фотометрія ШСЗ» є дисципліною вільного вибору для підготовки магістра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія», яка викладається в III семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс покликаний викласти студентам основи проведення лазерно-локаційних та фотометричних спостережень штучних супутників Землі (далі — ШСЗ, або супутники). Такі дані є важливими для уточнення їх орбітальних елементів та форми, а також для дослідження геодезичних задач та гравітаційного поля Землі і тестування основ загальної теорії відносності. У програмі курсу передбачено вивчення структури станцій для лазерної локації супутників (далі — станцій ЛЛС) для локації ШСЗ та принципів їх роботи, а також методів фотометрії ШСЗ, що передбачає детальний огляд апаратної частини для здійснення відповідних астрономічних спостережень на прикладі ЛЛС та фотометрів Астрономічної обсерваторії (АО) Львівського національного університету імені Івана Франка (далі — Університет). Магістри, які вивчали даний курс, можуть після отримання диплому магістра приступити до роботи на станціях ЛЛС та фотометрах АО Університету, а також інших астрономічних установ в Україні та в світі. Тому вивчення цього курсу є надзвичайно корисним для працевлаштування магістрів спеціальності 104 «Фізика та астрономія», які хочуть продовжити свою роботу в астрономічних обсерваторіях та інших установах, діяльність яких пов'язана із спостереженнями.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Головна мета курсу :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Дати студентам огляд основних задач Міжнародного сервісу CDDIS (The Crustal Dynamics Data Information System: <a href="https://cddis.nasa.gov/About/Background.html">https://cddis.nasa.gov/About/Background.html</a>) на прикладі роботи мережі станцій ЛЛС ILRS (International Laser Ranging Service).</li> <li>• Огляд супутників, які мають кутикові відбивачі.</li> <li>• Описати типи станцій ЛЛС.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Описати структуру та принципи роботи станцій ЛЛС АО Університету в смт. Брюховичі.</li> <li>• Дати студентам огляд основних задач фотометрії ШСЗ.</li> <li>• Описати сучасне апаратне забезпечення астрономічних обсерваторій для фотометрії ШСЗ.</li> <li>• Описати структуру та принципи роботи апаратного забезпечення для фотометрії ШСЗ в АО Університету.</li> <li>• Підготувати майбутніх магістрів до роботи на станціях ЛЛС та фотометрах астрономічних наукових установ.</li> </ul> <p><b>Основні цілі курсу:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Навчити студентів розуміти роль лазерної локації у фізичних та геодезичних задачах.</li> <li>2. Навчити студентів розуміти роль фотометрії ШСЗ у комплексному вивченні цих об'єктів.</li> <li>3. Навчити студентів розуміння принципів роботи станцій ЛЛС різних типів.</li> <li>4. Описати студентам структуру станцій ЛЛС АО Університету, а також викласти алгоритми первинної обробки результатів лазерної локації ШСЗ.</li> <li>5. Навчити студентів розуміння принципів фотометричних спостережень ШСЗ.</li> <li>6. Описати студентам астрономічне обладнання для фотометричних спостережень ШСЗ, яке використовується в АО Університету, а також викласти алгоритми первинної обробки результатів фотометрії ШСЗ та аналізу кривих їх блиску.</li> </ol>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Проведення лазерної локації супутників на станції «Львів-1831»</i>: методичний посібник / [уклад. Апуневич С. В. Благодир Я. Т. Білінський А. І.]. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008.</li> <li>2. <i>Техніка безпеки при роботі з лазерами</i>: методичні вказівки для студентів фізичного факультету / [уклад. Довгий Я. О., Маньковська І. Г., Тернавський В. В., Тернавська С. В.]. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003.</li> <li>3. Гофманн-Велленгоф Б., Легат К., Візер М. <i>Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування</i> (Переклад українською мовою: С. Є.Апуневич, С. В. Апуневич. Наук. редактор перекладу: академік НАНУ Я. С. Яцків). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2008.</li> <li>4. Дума Д. П. <i>Загальна астрометрія</i>: навчальний посібник. Київ: Наукова думка, 2007.</li> <li>5. <i>Астрономічний енциклопедичний словник</i> / За заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. Львів: ЛНУ-ГАО НАНУ, 2003.</li> <li>6. International Laser Ranging Service (ILRS) 2009-2010 Report, edited by C. Noll and M. Pearlman. <a href="https://ilrs.gsfc.nasa.gov/about/reports/annualrpts/ilrsreport_2009.html">https://ilrs.gsfc.nasa.gov/about/reports/annualrpts/ilrsreport_2009.html</a></li> <li>7. International Laser Ranging Service (ILRS) 2016-2019 Report, edited by C. Noll and M. Pearlman. <a href="https://ilrs.gsfc.nasa.gov/about/reports/annualrpts/ilrsreport_2016.html">https://ilrs.gsfc.nasa.gov/about/reports/annualrpts/ilrsreport_2016.html</a></li> </ol> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ludwig Combrinck: “A Comparison of General Relativity Theory Evaluations using VLBI and SLR: Will GGOS Improve These Results?”, IVS 2012 General Meeting Proceedings, p.357–361.</li> <li>2. Marini J. W. and Murray C. W. “Correction of laser range tracking data</li> </ol>

- for atmospheric refraction at elevations above 10 degrees” // NASA-TM-X-70555, Coddard Space Flight Center, Greenbelt, Md, 1973.
3. D. Kucharski et al. “Photon Pressure Force on Space Debris TOPEX/Poseidon Measured by Satellite Laser Ranging” // *Earth and Space Science*. Vol. 4, Issue 10, October 2018. <https://doi.org/10.1002/2017EA000329>
  4. Kamil Kazmierski, Krzysztof Sośnica, Tomasz Hadas. “Quality assessment of multi-GNSS orbits and clocks for real-time precise point positioning” // *GPS Solutions*. Vol. 22: 11 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10291-017-0678-6>
  5. Emmons, Richard H. ; Rogers, Clarence L., Jr. ; Preski, Raymond J. “Photometric observations of artificial satellites for determining optical and physical characteristics 1.” // *Astronomical Journal*, Vol. 72, p. 939 (1967) <https://doi.org/10.1086/110365>
  6. Zhao Xiao-Fen, Zhang Hui-Yan, Yu Yong, Mao Yin-Dun. “Multicolor photometry of geosynchronous satellites and application on feature recognition” // *Advances in Space Research*. Vol. 58(11) <https://doi.org/10.1016/j.asr.2016.09.020>
  7. Daniel O. Fulcoy, Katharine I. Kalamaroff, and Francis K. Chun. “Determining Basic Satellite Shape from Photometric Light Curves” // *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 49, No. 1, January–February 2012. <https://doi.org/10.2514/1.A32002>
  8. Pavenis A. SLR telescope support software. Astronomical Observatory University of Latvia, Sep. 1997.
  9. Degnan J. J. “Millimeter Accuracy Satellite Laser Ranging” // *Contributions of Space Geodesy to Geodynamics: Technology* [Geodynamics Series, Vol.25]. 1993. P. 133–162.
  10. Michael R. Pearlman, Carey E. Noll, Erricos C. Pavlis, Frank G. Lemoine, Ludwig Combrink, John J. Degnan, Georg Kirchner, Ulrich Schreiber “The ILRS: approaching 20 years and planning for the future” // *Journal of Geodesy*. Vol. 93. P. 2161–2180 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00190-019-01241-1>
  11. Krzysztof Sośnica, Adrian Jäggi, Daniela Thaller, Gerhard Beutler, Rolf Dach “Contribution of Starlette, Stella, and AJISAI to the SLR-derived global reference frame” // *Journal of Geodesy*. Vol. 88. P. 789–804 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00190-014-0722-z>
  12. Hattori, A., Otsubo, T. “Time-varying solar radiation pressure on Ajisai in comparison with LAGEOS satellites” // *Advances in Space Research*. Vol. 63, No. 1. P. 63–72 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.08.010>
  13. M. Pearlman, D. Arnold, M. Davis, F. Barlier, R. Biancale, V. Vasiliev, I. Ciufolini, A. Paolozzi, E. C. Pavlis, K. Sośnica, M. Bloßfeld “Laser geodetic satellites: a high-accuracy scientific tool” // *Journal of Geodesy*. Vol. 93. P. 2181–2194 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00190-019-01228-y>
  14. R. Zajdel, K. Sośnica, M. Drożdżewski, G. Bury, D. Strugarek “Impact of network constraining on the terrestrial reference frame realization based on SLR observations to LAGEOS” // *Journal of Geodesy*. Vol. 93. P. 2293–2313 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00190-019-01307-0>
  15. G. M. Appleby “Directional and photometric observations of artificial earth satellites using the U.K. satellite laser ranging system” // *Planetary and Space Science*. Vol. 38, Issue 4, April 1990, Pages 471-481. [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(90\)90140-L](https://doi.org/10.1016/0032-0633(90)90140-L)
  16. B. De Pontieu “Database of photometric periods of artificial satellites” // *Advances in Space Research*. Volume 19, Issue 2, 1997, Pages 229-232. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(97\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(97)00005-7)

	<p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><a href="https://ilrs.gsfc.nasa.gov/">https://ilrs.gsfc.nasa.gov/</a></li> <li><a href="https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740007037/downloads/19740007037.pdf">https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740007037/downloads/19740007037.pdf</a></li> <li><a href="http://ivsc.gsfc.nasa.gov/publications/gm2012/combrinck.pdf">http://ivsc.gsfc.nasa.gov/publications/gm2012/combrinck.pdf</a></li> <li><a href="https://astro.lnu.edu.ua/structure/departament-of-astronomy/">https://astro.lnu.edu.ua/structure/departament-of-astronomy/</a></li> <li><a href="https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2017EA000329">https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2017EA000329</a></li> <li><a href="https://amostech.com/amos-technical-papers/">https://amostech.com/amos-technical-papers/</a></li> <li><a href="http://www.edi.lv">http://www.edi.lv</a></li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	90 годин, з яких 16 годин лекцій та 74 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент повинен <b>знати:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Відмінності між станціями різних типів для лазерної локації орбітальних об'єктів та Місяця, а також всі позитивні та негативні аспекти, пов'язані з цими відмінностями.</li> <li>Структуру лазерно-локаційної станції Астрономічної обсерваторії Університету.</li> <li>Алгоритми первинної обробки результатів лазерної локації ШСЗ.</li> <li>Основи підходів вивчення гравітаційного поля Землі методами лазерної локації.</li> <li>Основи підходів до тестування загальної теорії відносності методами лазерної локації.</li> <li>Задачі фотометрії ШСЗ.</li> <li>Характеристики телескопів та апаратного забезпечення для фотометрії ШСЗ в Астрономічній обсерваторії Університету.</li> </ol> <p><b>вміти:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Розраховувати модель атмосфери за наявними метеоданими.</li> <li>Здійснювати прив'язку служби часу до Всесвітнього часу за допомогою GPS-приймача.</li> <li>Здійснювати програмну підготовку роботи лазерно-локаційної станції до спостережень ШСЗ.</li> <li>Здійснювати калібрування лазерно-локаційної станції Астрономічної обсерваторії Університету.</li> <li>Здійснювати наведення телескопу лазерно-локаційної станції на місце появи ШСЗ над її горизонтом.</li> <li>Здійснювати лазерну локацію ШСЗ на станції Астрономічної обсерваторії Університету.</li> <li>Здійснювати первинну обробку результатів лазерної локації ШСЗ на станції Астрономічної обсерваторії Університету за допомогою відповідного програмного забезпечення.</li> <li>Надсилати дані результатів лазерної локації ШСЗ на станції Астрономічної обсерваторії Університету замовнику.</li> <li>Здійснювати фотометричні спостереження ШСЗ на телескопах Астрономічної обсерваторії.</li> <li>Здійснювати побудову кривої блиску ШСЗ.</li> </ol>
<b>Ключові слова</b>	Штучні супутники Землі — ШСЗ, лазерна локація ШСЗ, International Laser Ranging Service — ILRS, геодинаміка, фотометрія ШСЗ.
<b>Формат дисципліни</b>	Очний
<b>Теми</b>	Наведено у табл.1
<b>Підсумковий</b>	залік в кінці семестру

<b>Підсумковий контроль, форма</b>	залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення дисципліни студенти повинні володіти основами знань з небесної механіки, ОРЕ, оптики, знати принципи роботи твердотільних лазерів та фотоелектронних помножувачів та ПЗЗ-матриць, практичної та загальної астрофізики, а також мати навички роботи під ОС Linux.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання дисципліни</b>	Презентації, лекції, дискусія, підготовка доповідей.
<b>Необхідне обладнання</b>	Персональний комп'ютер, відкриті спеціальні комп'ютерні програми для моделювання, операційна системи Linux, проектор.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• написання реферату на задану викладачем тему для кожного зі змістовних модулів (ЗМ): 25 (ЗМ 1) + 15 (ЗМ 2) = 40 балів. Розподіл балів зручніше подавати у відсотках від максимальної кількості балів, які можна отримати за відповідну роботу: 91–100% — реферат охоплює всі важливі аспекти обраної теми, матеріал викладено правильно (90%) + макс. 10% за акуратність оформлення, 51–90% — реферат охоплює всі важливі аспекти обраної теми, однак матеріал викладено неповно (якщо відсоток &lt; 90%), 1–50% — реферат містить помилки, викладення неповне, 0% — робота не виконана, або виконана повністю неправильно.</li> <li>• контрольні роботи з двох ЗМ: 40 (ЗМ 1) + 20 (ЗМ 2) = 60 балів. Кожна контрольна містить два теоретичних питання, кожне з яких у першій роботі оцінюється за 20-бальною шкалою, відповідно до таких критеріїв: 20 — питання викладено правильно і повністю; 12–19 — повнота викладення недостатня; 1–11 — рівень володіння матеріалом дуже низький, або ж низький; 0 — студент повністю неправильно виклав питання, або ж зовсім не надав на нього відповіді; у другій роботі кожне з двох питань оцінюється за 10-бальною шкалою: 10 — питання викладено правильно і повністю; 6–9 — повнота викладення недостатня; 1–5 — рівень володіння матеріалом дуже низький, або ж низький; 0 — студент повністю неправильно виклав питання, або ж зовсім не надав на нього відповіді;</li> </ul> <p><b>Академічна доброчесність</b> здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без</p>



	<p>права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані під час написання рефератів та контрольних робіт. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p><b>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</b></p>
<p><b>Питання для контрольних робіт та теми для рефератів</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основи лазерної локації ШСЗ. Ретрорефлектори.</li> <li>2. Задача уточнення орбітальних елементів ШСЗ.</li> <li>3. Задачі лазерної локації ШСЗ.</li> <li>4. IIRS: Міжнародна служба обертання Землі — Міжнародна наземна системи відліку (ITRF).</li> <li>5. IIRS: вимірювання змін у системі Земля та Земля – Місяць.</li> <li>6. IIRS: точні геоцентричні положення та рухи наземних станцій, супутникові орбіти.</li> <li>7. IIRS: компоненти земного гравітаційного поля та їх часові зміни, параметри орієнтації Землі.</li> <li>8. IIRS: точні ефемериди Місяця та інформація про його внутрішню структуру.</li> <li>9. IIRS: співпраця з Глобальною системою геодезичних спостережень IAG.</li> <li>10. IIRS: розробка стандартів та технічних вимог, необхідних для узгодженого функціонування різноманітних станцій ЛЛС, а також пріоритетів та стратегії спостереження ШСЗ, необхідних для максимізації ефективності роботи мережі.</li> <li>11. Перші супутники з ретрорефлекторами.</li> <li>12. Сучасні геодезичні супутники. Нові концепції розробки геодезичних супутників.</li> <li>13. Супутники та космічне сміття.</li> <li>14. Служба часу ЛЛС Університету: GPS-приймач та атомні стандарти.</li> <li>15. Цифрова метеостанція ЛЛС Університету. Модель атмосфери Землі.</li> <li>16. Телескоп ТПЛ-1М ЛЛС Університету: оптичні характеристики, крокові двигуни та ведення телескопа, динамічні дзеркала для виводу/прийому лазерного променя на/з головної оптичної осі телескопа.</li> <li>17. Об'єктив Уран-9 на гідувальному монтуванні ТПЛ-1М ЛЛС Університету.</li> <li>18. Імпульсний лазер Ekspla SL-212 ЛЛС Університету.</li> <li>19. Фотоелектронний помножувач ЛЛС Університету.</li> <li>20. COMTIS — прилад для вимірювання часу між моментами виходу (старт) лазерного променя з лазера та його реєстрації (стоп) після відбиття від ШСЗ, побудова старт-стопової логіки на ЛЛС Університету.</li> <li>21. Калібрування станції ЛЛС Університету.</li> <li>22. Процедура спостереження ШСЗ на ЛЛС Університету.</li> <li>23. Обробка результатів лазерно-локаційних спостережень на ЛЛС Університету.</li> <li>24. Формат даних для передачі в центри обробки даних IRLS та їх передача.</li> <li>25. На шляху до повної автоматизації станції ЛЛС.</li> <li>26. Типи телескопічних систем на різних ЛЛС.</li> </ol>

	27. Імпульсні лазери для ЛЛС: характеристики, довжини хвиль та частоти роботи. 28. Мобільні ЛЛС. 29. Автоматизація станцій ЛЛС. 30. Причини змінності блиску ШСЗ. 31. Оцінка робочого статусу ШСЗ (активний, чи ні). 32. Визначення форми супутника за кривою блиску та його призначення. 33. Апаратне забезпечення для фотометрії ШСЗ. 34. Телескоп АЗТ-14 Астрономічної обсерваторії (АО) Університету та апаратне забезпечення для фотометрії ШСЗ. 35. Телескопи АО Університету для фотометрії та позиційних спостережень ШСЗ. 36. Первинна обробка результатів фотометричних спостережень.
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

## Схема курсу «Лазерно-локаційні спостереження та фотометрія ШСЗ»\*

Тиж- день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
<b><i>Змістовий модуль 1</i></b>			
1–10	Основні задачі лазерної локації ШСЗ. Штучні супутники Землі з ретрорефлекторами. Станція ЛЛС Університету. Типи станцій для ЛЛС. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д16	Лекції — 9 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота — 50 год	10 тижнів
<b><i>Змістовий модуль 2</i></b>			
11–16	Принципи та основні задачі фотометрії ШСЗ. Фотометри АО Університету. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д16	Лекції — 5 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота — 24 год	6 тижнів

\* Поклики на літературу подано відповідно до переліку базової (Б) та допоміжної (Д) літератури.