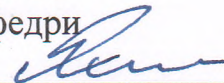


ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра будівництва та професійної освіти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри


Сергій ЯХІН

«02» _____ 09 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(обов'язкова навчальна дисципліна)

ФІЗИКА З ОСНОВАМИ БІОФІЗИКИ

освітньо-професійна програма «Агрономія»

спеціальність 201 Агрономія

галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

освітній ступінь бакалавр

Навчально-науковий інститут

агротехнологій, селекції та екології

Полтава

2024 - 2025 н. р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика з основами біофізики» для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою Агрономія спеціальності 201 Агрономія.

Мова викладання державна

Розробник: Антонєць А., доцент кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат педагогічних наук, доцент

«02» вересня 2024 року



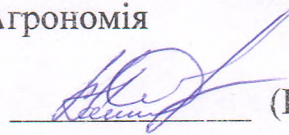
(Анатолій АНТОНЕЦЬ)

Схвалено на засіданні кафедри будівництва та професійної освіти

протокол від 02 вересня 2024 року № 1

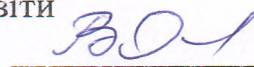
Погоджено гарантом освітньої програми Агрономія

«2» вересня 2024 року



(Віктор ЛЯШЕНКО)

Схвалено головою ради з якості вищої освіти спеціальності «Агрономія»



(Валентина ОНІПКО)

протокол від 2 вересня 2024 року № 1

© ПДАУ, 2024 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Елементи характеристики	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Загальна кількість годин	90	
Кількість кредитів	3	
Місце в індивідуальному навчальному плані здобувача вищої освіти	обов'язкова	
Рік навчання (201 А 2024)	1	1
Семестр	1	1, 2
Лекції (годин)	16	4
Лабораторні (годин)	14	2
Самостійна робота (годин)	60	84
у т. ч. індивідуальні завдання (КР), (годин)		30
Форма семестрового контролю	залік	залік

2. Мета вивчення навчальної дисципліни:

Навчити здобувачів вищої освіти основних законів і положень фізики, що необхідні для розуміння загальних закономірностей явищ природи, основам фізичної інтерпретації будови та функціонування біологічних об'єктів; висвітлити питання біофізики, що стосуються проблем життєдіяльності рослин та рослинних систем та їх взаємодії з навколишнім середовищем, можливих прикладних застосувань фізичних методів і приладів у рослинництві та землеробстві; аналізувати та оцінювати теоретичні та практичні основи фізики та біофізики, набуття компетентностей необхідних для застосування фізичних методів і приладів у професійній діяльності.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Перелік навчальних дисциплін, які вивчалися раніше: Алгебра, Геометрія, Фізика шкільного курсу повної загальної середньої освіти

4. Компетентності:

загальні:

ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

5. Програмні результати навчання/ результати навчання:

ПРН 4. Порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії.

Співвідношення програмних результатів навчання із очікуваними результатами навчання

Програмний результат навчання (визначений освітньою програмою)	Очікувані результати навчання навчальної дисципліни
ПРН 4.	знати фізичні основи будови та функціонування біологічних об'єктів та особливості біофізики, що стосуються проблем життєдіяльності рослин та фітосистем, їх взаємодії з навколишнім середовищем, можливих прикладних застосувань фізичних методів і приладів у рослинництві та землеробстві

	застосовувати практичні навички використання фізичних методів і приладів, що використовують у галузі фахового спрямування
	оцінювати реакції біологічних об'єктів на різноманітні фізичні фактори (механічні навантаження, шум, вібрації, електричні й магнітні поля, інфрачервоне, світлове, ультрафіолетове опромінення, дію іонізуючих променів та ін.), що виникають в процесі виробничої діяльності
	вдосконалювати агрономічні практики шляхом поєднання теоретичних знань та практичного досвіду фізики та біофізики, з урахуванням сучасних науково-технічних досягнень галузі.

6. Методи навчання і викладання

Словесні (лекція, розповідь-пояснення), наочні (ілюстрування, демонстрування), практичні (лабораторні роботи, вправи, конспектування), комп'ютерні і мультимедійні методи (використання мультимедійних презентацій).

7. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Динаміка поступального руху. Система відліку; швидкість і прискорення; прискорення під час руху по колу; закони Ньютона; робота; кінетична та потенціальна енергія; закони збереження у механіці.

Тема 2. Обертальний рух твердого тіла. Кутова швидкість і кутове прискорення; основне рівняння обертального руху твердого тіла; момент сили; момент інерції циліндра; робота при обертальному русі; кінетична енергія тіла, що обертається; закон збереження моменту імпульсу; механічна рівновага; доцентрова сила; закон всесвітнього тяжіння.

Тема 3. Пружні та пружньо-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин. Енергія зв'язку частинок твердих тіл; кристалічні й аморфні тіла; закон Гука; енергія пружно-деформованого тіла; види деформації; міцність, границя міцності; пружно-в'язкі властивості біологічних тканин.

Тема 4. Молекулярні явища у рідині. Ідеальна рідина; рівняння нерозривності; закон Бернуллі; в'язка рідина, коефіцієнт в'язкості; закон Пуазейля; закон Стокса; перехід до турбулентної течії; основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів, рівняння Менделєєва-Клапейрона; температура; будова біомолекул; поверхневий натяг; крайовий кут змочування; капілярні явища; випаровування рідини; кипіння; насичена та ненасичена пара; властивості води; вологість повітря.

Тема 5. Перший і другий закони термодинаміки в біології. Термодинамічні системи та термодинамічні параметри; внутрішня енергія; теплота; перший закон термодинаміки в біології; робота термодинамічних систем; енергетика клітини; теплові машини; ентропія; другий закон термодинаміки в біології; явища переносу: теплопровідність, дифузія, осмос; будова клітинних мембран; транспорт через мембрани.

Тема 6. Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм. Закон Кулона; теорема Остроградського-Гауса; електричний потенціал; напруга; провідники і діелектрики в електростатичному полі; електроємність; електричний струм; закон Ома; електрорушійна сила; теплова дія струму; механізм електрогенеза в клітинах; трансмембранний потенціал; вектор магнітної індукції; закон Біо-Савара-Лапласа; закон Ампера; сила Лоренца; магнітні властивості речовин; електромагнітна індукція; закон Фарадея; індуктивність; магнітні поля біологічних об'єктів та їх вплив на рослини.

Тема 7. Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія. Геометрична оптика; відбиття та заломлення світла; повне відбиття; рефрактометри; одержання дійсного зображення

за допомогою лінзи; закон Вебера-Фехнера; дифракція й інтерференція світла; дисперсія; спектральний аналіз; поляризація; загальні енергетичні характеристики світла; функція видимості; фотометричні характеристики; фотометри.

Тема 8. Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла. Дія видимого й інфрачервоного світла; термографія; загальна характеристика ультрафіолету; бактерицидна дія ультрафіолету; ультрафіолетове опромінення клітин.

Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	лаб	с.р.		л	лаб.	с.р.
Тема 1. Динаміка поступального руху.	11	2	2	7	11			11
Тема 2. Обертальний рух твердого тіла.	11	2	2	7	11			11
Тема 3. Пружні та пружньо-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин.	11	2	2	7	11		2	9
Тема 4. Молекулярні явища у рідині.	11	2	4	5	11			11
Тема 5. Перший і другий закони термодинаміки в біології.	13	2		11	13	2		11
Тема 6. Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм.	11	2	2	7	11	2		9
Тема 7. Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія.	11	2	2	7	11			9
Тема 8. Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла.	11	2		9	11			11
Індивідуальні завдання: (КР заочників):								30
Усього годин	90	16	14	60	90	4	2	84

8. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Динаміка поступального руху.		
	<i>1. Обчислення похибок прямих і посередніх вимірювань.</i>	2	
	<i>2. Визначення швидкості звуку в повітрі.</i>	2	
2	Обертальний рух твердого тіла.		
	<i>3. Дослідження обертального руху тіла</i>	2	
3	Пружні та пружньо-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин.		
	<i>4. Визначення модуля пружності методом вигину</i>	2	
4	Молекулярні явища у рідині.		
	<i>5. Дослідження течії в'язкої рідини й обчислення в'язкості рідини за методом Стокса.</i>	2	2
	<i>6. Визначення коефіцієнту поверхневого натягу методом підняття рідини у капілярі.</i>	2	
5	Перший і другий закони термодинаміки в біології.		
6	Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм.		
7.	Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія.		
	<i>7. Визначення показника заломлення рідин за допомогою рефрактометра Аббе.</i>	2	
8.	Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла.		
	Разом	14	2

9. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
		201А_бд_2023	201А_бз_2023
1	Тема 1. Динаміка поступального руху.	7	11
2	Тема 2. Обертальний рух твердого тіла.	7	11
3	Тема 3. Пружні та пружно-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин.	7	9
4	Тема 4. Молекулярні явища у рідині.	5	11
5	Тема 5. Перший і другий закони термодинаміки в біології.	11	11
6	Тема 6. Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм.	7	9
7	Тема 7. Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія.	7	9
8	Тема 8. Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла.	9	11
	Разом	60	84

10. Індивідуальні завдання

Індивідуальна робота здобувача вищої освіти направлена на закріплення теоретичного матеріалу та практичних навичок. Реалізація цього напрямку роботи передбачається шляхом виконання індивідуалізованого навчального завдання, яке виконується самостійно здобувачем вищої освіти в аудиторний та поза аудиторний час: контрольної роботи

Перелік завдань для індивідуальної роботи представлено у комплексі навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни.

11. Оцінювання результатів навчання

Програмні результати навчання / Результати навчання	Форми контролю програмних результатів навчання / результатів навчання
РН4	усний контроль (опитування) письмовий контроль (виконання лабораторних робіт, виконання завдань самостійної роботи, контрольна робота)

Критерієм успішного навчання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання. Одним із обов'язкових елементів освітнього процесу є систематичний поточний контроль оволодіння компетентностями та підсумкова оцінка рівня досягнення програмних результатів навчання.

Форма семестрового контролю знань здобувачів вищої освіти згідно з робочим та навчальним планом є: залік.

Схема нарахування балів із навчальної дисципліни

Денна форма

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти			Разом
	Виконання завдань самостійної роботи	Опитування	Виконання лабораторних робіт та їх захист	
Тема 1. Динаміка поступального руху.			12	12
Тема 2. Обертальний рух твердого тіла.	6	2	6	14
Тема 3. Пружні та пружньо-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин.	6	4	6	16
Тема 4. Молекулярні явища у рідині.		4	12	17
Тема 5. Перший і другий закони термодинаміки в біології.	6	4		10
Тема 6. Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм.	6	4		10
Тема 7. Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія.	6	4	6	16
Тема 8. Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла.	6			5
Разом	36	22	42	100

Заочна форма

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти				Разом
	Опитування	Виконання лабораторних робіт та їх захист	Виконання завдань самостійної роботи	Контрольна робота	
Тема 1. Динаміка поступального руху.					5
Тема 2. Обертальний рух твердого тіла.			5		5
Тема 3. Пружні та пружньо-в'язкі властивості твердих тіл і біологічних тканин.	2	6			6
Тема 4. Молекулярні явища у рідині.			6		5
Тема 5. Перший і другий закони термодинаміки в біології.	4		6		9
Тема 6. Основні поняття та закони електродинаміки в біофізиці, електромагнетизм.	4		6		9
Тема 7. Геометрична оптика, хвильова оптика та фотометрія.			6		5
Тема 8. Біологічна дія видимого, інфрачервоного й ультрафіолетового світла.			6	49	54
Разом	10	6	35	49	100

Форми, шкала та критерії оцінювання результатів навчання при проведенні поточного контролю успішності здобувачів вищої освіти:

Шкала та критерії оцінювання
опитування (тема 2 для денної форми; тема 3 для заочної форми)

Кількість балів	Критерії оцінювання
2	відповідь містить глибоке усвідомлення основних фізичних концепції, вміння порівнювати, оцінювати, аналізувати та інтегрувати знання з науково-технічних досягнень у галузі агрономії
1	часткове знання теоретичного матеріалу, теоретичних та практичних проблем науково-технічних досягнень у галузі агрономії, допущення помилок, не чіткість та заплутаність відповіді
0	не знання теоретичного матеріалу і не вміння порівнювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів.

опитування

Кількість балів	Критерії оцінювання
4	відповідь містить глибоке усвідомлення основних фізичних концепції, вміння порівнювати, оцінювати, аналізувати та інтегрувати знання з науково-технічних досягнень у галузі агрономії
3	не чіткість та заплутаність в цілому правильної відповіді, знання теоретичного матеріалу, теоретичних та практичних проблем науково-технічних досягнень у галузі агрономії
2	часткове знання теоретичного матеріалу, допущення помилок
1	поверхневе, часткове та плутане знання основ теоретичного матеріалу, не вміння порівнювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
0	не знання теоретичного матеріалу, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів

виконання лабораторних робіт та їх захист

Кількість балів	Критерії оцінювання
6	здобувач демонструє системні знання та навички з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; теоретичні та експериментальні дослідження виконані вірно у повному обсязі
5	здобувач демонструє достатні знання та навички з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; робота виконана в повному обсязі з неточностями під час порівняння та оцінки експериментальних дослідженнях
4	здобувач демонструє основи теоретичних знань та навичок з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; робота виконана не в повному обсязі з неточностями в теоретичних або експериментальних дослідженнях;
3	здобувач демонструє задовільне знання з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; теоретичні та експериментальні дослідження виконані на половину вірно або в повному обсязі з суттєвими помилками або неточностями

2	здобувач демонструє поверхневе знання з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; робота виконана на половину з суттєвими помилками або неточностями при порівнянні та оцінці експериментальних досліджень;
1	здобувач має початкові уявлення з організації та проведення фізичних досліджень у галузі агрономії; виконано менше третини роботи або не вірно, з суттєвими помилками при оцінці експериментальних досліджень
0	лабораторна робота не виконана, відсутні базові навички проведення теоретичних та експериментальних досліджень, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів

виконання завдань самостійної роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
6	детально проаналізовані всі аспекти теми демонструють системні знання теоретичних досліджень, вміння самостійно аналізувати, порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
5	достатньо розкриті основні аспекти теми, правильне виконання теоретичних досліджень з несуттєвими неточностями, вміння самостійно порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
4	правильне виконання теоретичних досліджень в повному обсязі з несуттєвими помилками, вміння проводити порівняння та оцінку сучасної науково-технічної інформації у галузі
3	виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками та неправильною відповіддю, вміння проводити порівняння та оцінку інформації
2	часткове виконання теоретичного дослідження з суттєвими помилками, слабе знання теоретичних та практичних проблем фізики у галузі агрономії;
1	початкове виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками не в повному обсязі, поверхневе розуміння основних фізичних концепції та науково-технічні досягнення у галузі агрономії
0	не виконання завдання, нерозуміння основних фізичних концепції, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів

виконання завдань самостійної роботи (заочна форма)

Кількість балів	Критерії оцінювання
5	детально проаналізовані всі аспекти теми демонструють системні знання теоретичних досліджень, вміння самостійно порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
4	достатньо розкриті основні аспекти теми, правильне виконання теоретичних досліджень в повному обсязі з несуттєвими помилками, вміння проводити порівняння та оцінку сучасної науково-технічної інформації у галузі
3	виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками та неправильною відповіддю, вміння проводити порівняння та оцінку інформації
2	часткове виконання теоретичного дослідження з суттєвими помилками, слабе знання теоретичних та практичних проблем фізики у галузі агрономії;

1	початкове виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками не в повному обсязі, поверхнєве розуміння основних фізичних концепції та науково-технічні досягнення у галузі агрономії
0	не виконання завдання, нерозуміння основних фізичних концепції та сучасних науково-технічних досягнень галузі, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів

контрольна робота

містить 7 завдань, кожне завдання оцінюється від 0 до 7 балів

Кількість балів	Критерії оцінювання
7	правильне виконання теоретичних досліджень в повному обсязі, вміння самостійно використовувати науково-технічні досягнення фізики в галузі агрономії для підвищення свого професійного рівня та вирішення практичних завдань
6	правильне виконання теоретичних досліджень в повному обсязі з несуттєвими помилками або неточностями, вміння проводити порівняння та оцінку сучасних науково-технічних досягнень фізики у галузі агрономії та застосовувати їх для вирішення практичних завдань
5	правильне виконання теоретичних досліджень в повному обсязі з суттєвими помилками або неточностями, вміння порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії для вирішення практичних завдань
4	повне виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками та неправильною відповіддю, вміння порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
3	неповне виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками та неправильною відповіддю, початкове вміння порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення у галузі агрономії
2	часткове виконання теоретичного дослідження з суттєвими помилками, слабе знання теоретичних та практичних проблем фізики в галузі агрономії
1	початкове виконання теоретичних досліджень з суттєвими помилками не в повному обсязі, поверхнєве розуміння основних сучасних концепції
0	не виконання завдання, нерозуміння основних фізичних концепції, теоретичних та практичних досягнень фізики у галузі агрономії, що не дає можливість оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів

12. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачене при вивченні навчальної дисципліни

Перелік інструментів, обладнання та програмного забезпечення необхідного для вивчення навчальної дисципліни забезпечує навчальна лабораторія 311 «Фізики» та навчальна лабораторія 317 «Фізики та біофізики»

13. Політика навчальної дисципліни

1. Академічна доброчесність: здобувач вищої освіти повинен дотримуватись Кодексу академічної доброчесності та Кодексу про етику викладача та здобувача вищої освіти Полтавського державного аграрного університету. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

2. Відвідування занять є обов'язковим. Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін

3. Дедлайни та перескладання: лабораторні роботи, завдання зі самостійної роботи, які здаються з порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (-30%). Перескладання поточного та підсумкового контролю відбуваються за наявності поважних причин з дозволу деканату.

4. На здобувачів вищої освіти поширюється право про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті перед опануванням даної освітньої компоненти. Особливості неформального / інформального навчання регламентовані Положенням про порядок визнання результатів навчання, набутих у неформальній та інформальній освіті, здобувачами вищої освіти Полтавського державного аграрного університету

5. Здобувач освіти має право звернутися до викладача з проханням надати роз'яснення щодо отриманої оцінки. У разі неможливості спільного врегулювання ситуації здобувач вищої освіти має право оскаржити результати контрольних заходів Процедура оскарження результатів регламентована відповідним Положенням ПДАУ.

14. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Антоненко А.В., Рижкова Т.Ю. Лабораторний практикум з Фізики з основами біофізики : для спеціальності 201 Агрономія. Полтава: РВВ ПДАА, 2023. 60 с.
2. Куценко Е.Х., Грибан В.Г., Попов Е.Г. Біофізика : лабораторний практикум і збірник задач. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2001. 107 с.
3. Посудін Ю.І. Біофізика : підручник. К. : Урожай, 1995. 222 с.
4. Посудін Ю.І. Фізика з основами біофізики : підручник. К. : Світ, 2003. 400 с.
5. Посудін Ю.І. Лабораторний практикум і збірник задач із дисципліни. Фізика з основами біофізики : навчальний посібник. К. : Арістей, 2004. 180 с.
6. Посудін Ю.І., Семенова Н.П., Кожем'яко Я.В. Прикладна фізика і біофізика. К. : НАУ, 2001. 115 с.
7. Федішин Я.І., Фізика з основами біофізики : навчальний посібник. Львів : Світ, 2000. 460 с.

Допоміжні

1. Антоненко, А. В., Флегантов, Л. О., Арендаренко, В. М., Іванов, О. М., & Япринець, Т. С. (2022). Експериментальна перевірка адекватності аналітичної моделі гравітаційного руху зерна у гвинтовому каналі з двома змінними кутами нахилу. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2(2), 277-286. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.33>
2. Koval'chuk S.B., Goryk O.V., Antonets A.V. The problem of plane bending a direct composite beam of arbitrary cross-section and the prerequisites for its approximate analytical solution. IOP Conference Series: Materials Science. 2021. 1164 (1), 012025. doi:10.1088/1757-899X/1164/1/012025 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1164/1/012025/pdf>
3. Koval'chuk, S., Goryk, O., Antonets, A. (2023). Exact Analytical Solution of the Pure Bending Problem of a Multilayer Wedge-Shaped Console. In: , et al. Advances in Mechanical and

Power Engineering . CAMPE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. pp 178–187 [URL:https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1_18)

4. Посудін Ю.І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища : підручник. К. : 2011. 331 с.

5. Фецишин Я.І., Демків Т.М., Гембара Т.В. Лабораторний практикум з фізики : навчальний посібник. Львів : Світ, 2001. 226 с.

6. Фецишин Я.І., Когут В.М., Вакарчук С.В. Практичні заняття з фізики : навчальний посібник. Львів : Світ, 2002. 236 с.

7. Фецишин Я.І., Когут В.М., Вакарчук С.В. Збірник задач з фізики із розв'язками : навчальний посібник. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2005. 310 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. Електронні інформаційні ресурси НБУВ URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/irbis_nbuv.html .

2. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ URL: <http://cmodel.in.ua>