



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»

Рівень освіти: Фахова передвища освіта (ОПС «Фаховий молодший бакалавр»)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G11 Машинобудування

Спеціалізація: G11.01 Верстати і інструменти

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерні технології у машинобудуванні» (Computer technologies in mechanical engineering)

Код освітнього компонента за навчальним планом: ОК 10

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Детальна характеристика дисципліни
Кількість кредитів ЄКТС	4 кредити
Загальна кількість годин	120 годин
Рік підготовки (курс)	I курс
Семестри викладання	1 семестр
Аудиторні години (лекції)	42 години (1 семестр: 42 год.)
Аудиторні години (практичні)	30 годин (1 семестр: 30 год.)
Аудиторні години (лабораторні)	Навчальним планом не передбачено
Самостійна робота здобувача освіти (СРС)	48 годин (1 семестр: 48 год.)
Підготовка до проходження контрольних заходів	Навчальним планом не передбачено (0 годин)
Тижневе навантаження	4 години на тиждень (18 тижнів)
Форма підсумкового контролю	Диференційований залік (1 семестр)

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: формування у здобувачів фахової передвищої освіти цілісної системи фундаментальних природничо-наукових знань про будову та закономірності руху матерії, а також умінь застосовувати фізичні закони, моделі й методи вимірювання для розв'язання типових практичних завдань галузевого машинобудування, зокрема у сфері механічної обробки, експлуатації металорізальних верстатів, інструментальних систем та комп'ютерного моделювання технічних об'єктів. Дисципліна є базовою природничо-науковою підготовкою, що створює теоретичне підґрунтя для опанування технічної механіки, матеріалознавства, промислової електротехніки, металорізальних верстатів, технології машинобудування та моделювання.

Основні завдання:

- Сформуувати системне уявлення про фізичну картину світу, ієрархію фізичних теорій та межі їх застосування, місце фізики у загальній системі знань про природу, техніку і технології.
- Забезпечити засвоєння основних законів механіки, молекулярної фізики і термодинаміки, електрики та магнетизму, коливань і хвиль, оптики, атомної та ядерної фізики на рівні, достатньому для розв'язання типових практичних завдань галузевого машинобудування.
- Виробити навички розв'язування розрахункових задач із коректним використанням Міжнародної системи одиниць (СІ), оцінюванням похибок вимірювань та перевіркою розмірностей отриманих результатів.
- Навчити переносити фізичні моделі на реальні об'єкти машинобудування: сили та потужність різання, жорсткість і вібрації технологічної системи «верстат — пристосування — інструмент — деталь», тепловиділення в зоні різання, знос інструмента, роботу приводів та систем ЧПК.
- Закласти фізичну основу для розуміння комп'ютерних методів інженерного аналізу (CAE): пружна деформація, напруження, теплові та динамічні розрахунки, що лежать в основі скінченно-елементного моделювання.
- Сформуувати культуру роботи з довідковими та нормативними джерелами фізико-технічної інформації, уміння критично оцінювати достовірність даних і уникати псевдонаукових тверджень.
- Виховати відповідальне ставлення до безпеки праці на основі розуміння фізичної природи виробничих чинників: механічних навантажень, електричного струму, теплових процесів, шуму та вібрації, лазерного й іонізуючого випромінювання.

3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1. Нормативні документи, на основі яких розроблена програма

- Закон України «Про освіту».
- Закон України «Про фахову передвищу освіту».
- Стандарт фахової передвищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія» (освітньо-професійний ступінь — «фаховий молодший бакалавр»), затверджений наказом Міністерства освіти і науки України від 01.04.2022 № 288.
- Постанова Кабінету Міністрів України від 30.08.2024 № 1021 «Про внесення змін до переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої та фахової передвищої освіти» (щодо інтеграції у спеціальність G11 «Машинобудування»).
- Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології у машинобудуванні» зі спеціальності G11 «Машинобудування», спеціалізація G11.01 «Верстати і інструменти», затверджена педагогічною радою (протокол № 10 від 01.06.2026), уведена в дію з 01.09.2026.
- Навчальний план підготовки фахового молодшого бакалавра за ОПП «Комп'ютерні технології у машинобудуванні» (150 кредитів ЄКТС), ухвалений на засіданні методичної комісії машинобудування (протокол № 10 від 07.04.2026).
- Положення про організацію освітнього процесу в закладі освіти.

- Розпорядження Кабінету Міністрів України № 366-р від 14.04.2021 «Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року».

3.2. Вимоги до кандидатів на підготовку

- Освітній рівень: наявність повної загальної середньої освіти або диплома кваліфікованого робітника (з 01.01.2026 — освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст»).
- Категорія здобувачів: особи віком 18–22 роки, а також ветерани та учасники бойових дій, які навчаються в інтегрованих групах.
- Спеціальні вимоги: володіння математичним апаратом у межах курсу загальної середньої освіти (алгебраїчні перетворення, робота з функціями та графіками, елементи тригонометрії), готовність до систематичного розв'язування розрахункових задач, дотримання принципів академічної доброчесності та правил безпеки під час роботи з вимірювальним обладнанням.

3.3. Етапи підготовки

Підготовка здійснюється протягом одного (першого) семестру та поділяється на такі етапи відповідно до структурно-логічної схеми ОПП:

- Етап I (Модулі 1–2): класична механіка та термодинаміка. Кінематика, динаміка, закони збереження, статика, механіка деформівного тіла; молекулярно-кінетична теорія, теплові процеси, теплопередача, фазові переходи. Проекція на кінематику й динаміку верстатних механізмів, сили та потужність різання, тепловиділення в зоні різання й тепловий стан верстата. Завершується Модульним контролем № 1.
- Етап II (Модулі 3–5): електромагнетизм, коливання і хвилі, оптика, атомна та ядерна фізика. Електричне поле, постійний і змінний струм, магнітне поле, електромагнітна індукція; вібрації та резонанс, оптичні й лазерні методи, іонізуюче випромінювання. Проекція на електроприводи та системи ЧПК, віброзахист технологічної системи, оптичні та лазерні засоби вимірювання, методи неруйнівного контролю деталей. Завершується Модульним контролем № 2.

Вивчення дисципліни завершується складанням диференційованого заліку.

3.4. Кваліфікаційні вимоги до здобувачів, які пройшли підготовку з дисципліни

Успішне проходження підготовки передбачає, що здобувач набув природничо-наукового підґрунтя, необхідного для опанування загальнопрофесійних і спеціальних освітніх компонентів ОПП «Комп'ютерні технології у машинобудуванні».

Здобувач повинен ЗНАТИ:

- Основні поняття, величини та одиниці Міжнародної системи одиниць (СІ); методи вимірювань і види похибок.
- Закони кінематики, динаміки та статички, закони збереження імпульсу й енергії; поняття моменту сили, роботи, потужності та ККД механізмів.
- Види деформацій, поняття механічного напруження, закон Гука, модуль Юнга, границі пружності та міцності; поняття жорсткості та податливості конструкції.
- Основні положення молекулярно-кінетичної теорії, газові закони, засади термодинаміки, механізми теплопередачі, закономірності плавлення, кристалізації та теплового розширення матеріалів.

- Закони електростатики та постійного струму, фізичну природу електропровідності металів і напівпровідників, закони магнітного поля та електромагнітної індукції, принципи дії електродвигуна й трансформатора.
- Характеристики механічних та електромагнітних коливань і хвиль, умови виникнення резонансу, властивості ультразвуку, основні явища хвильової та квантової оптики, шкалу електромагнітних хвиль.
- Будову атома та атомного ядра, природу рентгенівського і гамма-випромінювання, закон радіоактивного розпаду, поняття дози опромінення та принципи радіаційного захисту.

Здобувач повинен ВМІТИ:

- Розв'язувати типові розрахункові задачі з усіх розділів курсу, обґрунтовувати вибір фізичної моделі та перевіряти результат за розмірністю й порядком величини.
- Виконувати прямі та непрямі вимірювання фізичних величин, опрацьовувати результати, оцінювати похибки, будувати й аналізувати графіки залежностей.
- Виконувати кінематичні та динамічні розрахунки елементів верстатних механізмів: швидкості різання, частоти обертання, крутного моменту, потужності приводу.
- Застосовувати закон Гука та поняття механічного напруження для оцінки пружних деформацій і жорсткості елементів технологічної системи, розуміти фізичний зміст вихідних даних інженерних розрахунків у САЕ-системах.
- Виконувати теплотехнічні розрахунки: кількість теплоти, теплове розширення деталей і вузлів, орієнтовна оцінка нагрівання в зоні різання та температурних похибок обробки.
- Розраховувати параметри електричних кіл, потужність та ККД електроприводу, коефіцієнт трансформації; пояснювати принцип дії двигунів і датчиків систем ЧПК.
- Пояснювати фізичні основи вібрацій у технологічній системі, ультразвукового, вихрострумове та радіографічного контролю деталей; обґрунтовувати вибір засобів захисту від шуму, вібрації та випромінювань.
- Користуватися довідковою літературою, таблицями фізичних величин і нормативними джерелами, коректно посилатися на них.

Здобувач повинен ВОЛОДІТИ:

- Науковим стилем мислення: умінням відрізняти експериментальний факт від гіпотези та інтерпретації, критично оцінювати достовірність технічної інформації.
- Навичками кількісного аналізу: оцінювання порядку величин, коректного округлення, роботи з одиницями та розмірностями.
- Розумінням фізичної природи виробничих небезпек і відповідальним ставленням до вимог охорони праці.
- Готовністю до неперервного навчання (lifelong learning) та подальшого опанування спеціальних інженерних дисциплін і комп'ютерних технологій машинобудування.

4. КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення дисципліни «Фізика» спрямоване на формування природничо-наукового фундаменту професійної підготовки фахового молодшого бакалавра з машинобудування. Перелік компетентностей і програмних результатів навчання визначено відповідно до матриць відповідності освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології у машинобудуванні» для освітнього компонента ОК 10.

4.1. Загальні компетентності (ЗК), що формуються дисципліною

- ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

4.2. Спеціальні (фахові) компетентності (СК), що формуються дисципліною

- СК 1. Здатність застосовувати типові методи природничих та технічних наук для розв'язування професійних практичних завдань галузевого машинобудування.
- СК 9. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на базових знаннях та розумінні основних механічних теорій та практик, а також суміжних наук.

4.3. Специфічні (додаткові) компетентності з дисципліни

- Природничо-наукова компетентність: здатність пояснювати технічні явища і процеси механічної обробки мовою фізичних законів та моделей, усвідомлювати межі застосовності цих моделей.
- Експериментально-вимірвальна компетентність: здатність планувати й виконувати вимірювання фізичних величин, опрацьовувати результати, оцінювати похибки та подавати дані у формі таблиць і графіків.
- Розрахунково-аналітична компетентність: здатність будувати спрощену фізичну модель виробничої ситуації, доводити її до числового результату та інтерпретувати цей результат у технічних термінах, зокрема як вихідні дані для комп'ютерного інженерного аналізу.

4.4. Програмні результати навчання (РН)

- РН 1. Застосовувати набуті знання з технічних та природничих наук для вирішення завдань галузевого машинобудування.

4.5. Матриця відповідності програмних результатів навчання компетентностям

Програмні результати навчання (РН) / Компетентності	ЗК 3	ЗК 4	ЗК 5	ЗК 7	СК 1	СК 9
РН 1. Застосовувати набуті знання з технічних та природничих наук для вирішення завдань галузевого машинобудування.	+	+	+	+	+	+

5. НАВЧАЛЬНИЙ ПЛАН КУРСУ

5.1. Розрахунок навчального часу

Вид навчальної роботи	Кількість годин	% від загального обсягу
УСЬОГО за курсом (4 кредити ЄКТС)	120	100 %
Аудиторні заняття (всього)	72	60 %
з них: лекції	42	35 %
з них: практичні заняття	30	25 %

Вид навчальної роботи	Кількість годин	% від загального обсягу
Самостійна робота здобувача освіти (СРС)	48	40 %
Підготовка до проходження контрольних заходів	0	0 %

Примітка: навчальним планом години на проходження контрольних заходів для дисципліни «Фізика» не передбачені, оскільки формою підсумкового контролю є диференційований залік, який виставляється за результатами поточного та модульного контролю і підсумкового залікового заняття в межах аудиторного навантаження.

5.2. Розподіл навчальних годин за модулями (викладання по 2 години — парно)

№	Назва модуля, тем та видів навчальної роботи	Всього годин	Лекції (год)	Практичні (год)	Самост. робота (год)
	РАЗОМ ЗА КУРС (4 кредити ЄКТС)	120	42	30	48
I	Модуль I. Механіка	34	12	8	14
1.1	Лекція 1. Фізика як наука. Фізичні величини, СІ, вимірювання та похибки. СР: Роль фізики у розвитку машинобудування та комп'ютерних технологій проектування.	4	2	—	2
1.2	Лекція 2. Кінематика поступального та обертального руху. Практичне заняття 1. Розв'язування задач з кінематики. Розрахунок швидкості різання та частоти обертання шпинделя. СР: Кінематичні ланцюги металорізальних верстатів і передаточні відношення.	7	2	2	3
1.3	Лекція 3. Динаміка. Закони Ньютона. Сили в механіці. Практичне заняття 2. Задачі на закони Ньютона, тертя, рух по похилій площині. СР: Тертя в напрямних та підшипниках верстата; роль мастильних матеріалів.	7	2	2	3
1.4	Лекція 4. Закони збереження імпульсу та енергії. Робота, потужність, ККД. Практичне заняття 3. Розрахунок роботи, крутного моменту й потужності приводу верстата. СР: Енергетичний баланс і ККД верстата з ЧПК.	7	2	2	3
1.5	Лекція 5. Статика. Умови рівноваги. Момент сили. Центр тяжіння та стійкість. СР: Схеми базування і закріплення заготовки: рівновага під дією сил різання та затиску.	3	2	—	1
1.6	Лекція 6. Механіка деформівного твердого тіла. Напруження, закон Гука, модуль Юнга, границя міцності.	6	2	2	2

№	Назва модуля, тем та видів навчальної роботи	Всього годин	Лекції (год)	Практичні (год)	Самост. робота (год)
	Практичне заняття 4. Розрахунок напружень і пружних деформацій. Оцінка жорсткості елемента технологічної системи. СР: Пружні відтискання системи «верстат — пристосування — інструмент — деталь» і похибки обробки.				
II	Модуль II. Молекулярна фізика і термодинаміка	26	10	6	10
2.1	Лекція 7. Основи МКТ. Ідеальний газ. Газові закони. Рівняння стану. Практичне заняття 5. Газові закони. Розрахунок параметрів пневмосистеми верстата. СР: Пневматичні приводи та системи затиску в металообробному обладнанні.	6	2	2	2
2.2	Лекція 8. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Перший закон термодинаміки. Теплоємність. Практичне заняття 6. Розрахунки за першим законом термодинаміки. Рівняння теплового балансу. СР: Розподіл теплоти між стружкою, деталлю, інструментом і середовищем.	6	2	2	2
2.3	Лекція 9. Другий закон термодинаміки. Теплові двигуни та їх ККД. СР: Термодинамічні цикли компресорного та енергетичного обладнання підприємства.	4	2	—	2
2.4	Лекція 10. Теплопередача: теплопровідність, конвекція, випромінювання. Тепловиділення в зоні різання. СР: Мастильно-охолоджувальні рідини: фізичний механізм відведення теплоти.	4	2	—	2
2.5	Лекція 11. Агрегатні стани. Плавлення і кристалізація. Теплове розширення тіл. Практичне заняття 7. Розрахунок теплового розширення деталей і температурних похибок обробки. СР: Теплові деформації верстата та методи їх компенсації в системах ЧПК.	6	2	2	2
III	Модуль III. Електрика і магнетизм	34	12	8	14
3.1	Лекція 12. Електричне поле. Заряд, напруженість, потенціал. Провідники і діелектрики. Ємність. СР: Ємнісні датчики положення та статична електрика на виробництві.	4	2	—	2

№	Назва модуля, тем та видів навчальної роботи	Всього годин	Лекції (год)	Практичні (год)	Самост. робота (год)
3.2	Лекція 13. Постійний струм. Закон Ома. Опір. Закон Джоуля—Ленца. Практичне заняття 8. Розрахунок електричних кіл. Закон Ома для ділянки та повного кола. СР: Провідникові та ізоляційні матеріали в електрообладнанні верстатів.	7	2	2	3
3.3	Лекція 14. Струм у металах, напівпровідниках, рідинах і газах. Напівпровідникові прилади. Практичне заняття 9. Задачі на теплову дію струму та характеристики напівпровідникових елементів. СР: Електроерозійна обробка: фізична природа електричного розряду в діелектрику.	7	2	2	3
3.4	Лекція 15. Магнітне поле. Індукція. Сила Ампера та сила Лоренца. СР: Магнітні плити та електромагнітні пристосування для закріплення заготовок.	4	2	—	2
3.5	Лекція 16. Електромагнітна індукція. Самоіндукція. Індуктивність. Принцип дії електродвигуна. Практичне заняття 10. Задачі на закон електромагнітної індукції. Розрахунок потужності електроприводу. СР: Крокові та серводвигуни в приводах подач верстатів з ЧПК.	6	2	2	2
3.6	Лекція 17. Змінний струм. Трансформатор. Передавання та перетворення електроенергії. Практичне заняття 11. Розрахунок трансформатора та параметрів кола змінного струму. СР: Частотні перетворювачі та регулювання швидкості обертання шпинделя.	6	2	2	2
IV	Модуль IV. Коливання, хвилі та оптика	13	4	4	5
4.1	Лекція 18. Механічні та електромагнітні коливання. Резонанс. Хвилі. Звук і ультразвук. Практичне заняття 12. Розрахунок періоду, частоти та довжини хвилі. Задачі на вібрації та ультразвуковий контроль. СР: Вібрації під час різання: причини виникнення та способи віброгасіння.	7	2	2	3
4.2	Лекція 19. Шкала електромагнітних хвиль. Хвильова оптика. Квантова оптика і фотоефект. Лазери.	6	2	2	2

№	Назва модуля, тем та видів навчальної роботи	Всього годин	Лекції (год)	Практичні (год)	Самост. робота (год)
	Практичне заняття 13. Закони відбивання та заломлення. Задачі на фотоефект і роздільну здатність оптичних приладів. СР: Оптичні та лазерні засоби вимірювання: інтерферометри, лазерні лінійки, оптичні енкодери.				
V	Модуль V. Атомна та ядерна фізика	13	4	4	5
5.1	Лекція 20. Будова атома. Постулати Бора. Спектри. Рентгенівське випромінювання. Практичне заняття 14. Задачі на енергетичні рівні атома, спектри та рентгенівське випромінювання. СР: Спектральний аналіз для контролю марки конструкційних та інструментальних сталей.	7	2	2	3
5.2	Лекція 21. Будова ядра. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Дози та захист. Сучасна фізична картина світу. Практичне заняття 15. Задачі на закон радіоактивного розпаду й дозиметрію. Підсумкове узагальнювальне заняття. СР: Радіографічний контроль відповідальних деталей: можливості та обмеження.	6	2	2	2

5.3. Самостійна робота здобувачів освіти (СРС)

Самостійна робота здобувачів освіти (загальним обсягом 48 годин) забезпечує поглиблене опрацювання теоретичного матеріалу, формування навичок розв'язування розрахункових задач та здатності переносити фізичні моделі на реальні процеси механічної обробки й експлуатації верстатного обладнання.

Напрями самостійної роботи	Кількість годин	Форма контролю
1. Опрацювання теоретичного матеріалу та робота з довідковими джерелами • Доопрацювання конспекту лекцій, складання опорних схем і таблиць фізичних величин. • Робота з таблицями фізико-механічних властивостей конструкційних та інструментальних матеріалів. • Укладання глосарію фізичних термінів професійного спрямування.	12	Перевірка конспектів і опорних схем, усне опитування на практичних заняттях.
2. Розв'язування задач професійного спрямування • Індивідуальні домашні завдання з механіки, термодинаміки та електромагнетизму. • Задачі з виробничим змістом: швидкість різання, крутний момент, потужність приводу, теплове розширення, параметри електроприводу.	12	Перевірка індивідуальних розрахункових завдань, захист розв'язків біля дошки.

Напрями самостійної роботи	Кількість годин	Форма контролю
3. Підготовка навчальних проєктів і повідомлень «Фізика у машинобудуванні» • Підготовка реферату або мультимедійної презентації за обраною темою. • Аналіз фізичних основ одного з процесів обробки, вимірювання чи контролю.	12	Захист презентації або реферату на занятті, перевірка на академічний плагіат.
4. Підготовка до контрольних заходів • Систематизація матеріалу за модулями, робота з переліком питань до заліку. • Тренувальне тестування в системі дистанційного навчання.	12	Модульне тестування (в LMS), результати диференційованого заліку.
РАЗОМ	48	

6. ПРОГРАМА КУРСУ

Модуль 1. Механіка

Тема 1.1. Фізика як наука. Фізичні величини, СІ, вимірювання та похибки. Предмет і методи фізики. Фізичне явище, гіпотеза, модель, закон, теорія. Межі застосовності фізичних теорій. Фізичні величини: скалярні та векторні. Міжнародна система одиниць (СІ): основні та похідні одиниці, кратні й частинні префікси. Пряме та непряме вимірювання. Похибки вимірювань: абсолютна, відносна, систематична, випадкова. Правила округлення та значущі цифри. Місце фізики у системі підготовки фахівця з машинобудування та в основі комп'ютерних методів інженерного аналізу.

Тема 1.2. Кінематика поступального та обертального руху. Механічний рух, система відліку, матеріальна точка. Траєкторія, шлях, переміщення. Рівномірний і рівноприскорений прямолінійний рух. Графіки залежностей координати, швидкості та прискорення від часу. Рівномірний рух по колу: кутова швидкість, період, частота, доцентрове прискорення. Кінематика обертального руху твердого тіла. Зв'язок лінійної та кутової швидкості; розрахунок швидкості різання та частоти обертання шпинделя. Кінематичні ланцюги та передаточні відношення верстатних механізмів.

Тема 1.3. Динаміка. Закони Ньютона. Сили в механіці. Інерція та інертність. Маса і сила. Перший, другий і третій закони Ньютона. Інерціальні системи відліку. Сила тяжіння та вага тіла. Сила пружності. Сили тертя: тертя спокою, ковзання, кочення; коефіцієнт тертя. Рух тіла по похилій площині. Рух зв'язаних тіл. Тертя в напрямних, підшипниках і гвинтових передачах верстата; фізична роль мастильних матеріалів.

Тема 1.4. Закони збереження імпульсу та енергії. Робота, потужність, ККД. Імпульс тіла та імпульс сили. Закон збереження імпульсу. Пружний і непружний удари. Механічна робота. Потужність. Кінетична та потенціальна енергія. Закон збереження і перетворення енергії. Момент сили та крутний момент. Потужність обертального руху. Коефіцієнт корисної дії механізмів; енергетичний баланс металорізального верстата та розрахунок потужності приводу за силою різання.

Тема 1.5. Статика. Умови рівноваги. Момент сили. Центр тяжіння та стійкість. Рівнодійна сил. Момент сили відносно осі. Правило моментів. Умови рівноваги тіла, що має вісь обертання, та тіла, що не має закріпленої осі. Центр тяжіння тіла та способи його визначення. Види рівноваги. Стійкість. Практичне застосування: схеми базування та

закріплення заготовки, рівновага під дією сил різання й сил затиску, вимоги до пристосувань.

Тема 1.6. Механіка деформівного твердого тіла. Види деформацій: розтяг, стиск, зсув, згин, кручення. Механічне напруження. Відносна деформація. Закон Гука. Модуль Юнга. Діаграма розтягу: границя пружності, границя текучості, границя міцності. Пластична деформація та руйнування. Твердість матеріалів. Поняття жорсткості та податливості. Пружні відтискання технологічної системи «верстат — пристосування — інструмент — деталь» як джерело похибок обробки. Фізичний зміст вихідних даних для скінченно-елементних розрахунків у САЕ-системах.

Модуль 2. Молекулярна фізика і термодинаміка

Тема 2.1. Основи молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ. Основні положення МКТ та їх дослідні обґрунтування. Маса й розміри молекул, кількість речовини, стала Авогадро. Ідеальний газ як фізична модель. Основне рівняння МКТ. Температура як міра середньої кінетичної енергії молекул. Абсолютна шкала температур. Ізопроцеси та газові закони. Рівняння стану ідеального газу. Застосування до розрахунку параметрів пневматичних приводів і систем затиску металообробного обладнання.

Тема 2.2. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія тіла та способи її зміни. Кількість теплоти. Питома теплоємність речовини. Рівняння теплового балансу. Робота газу. Перший закон термодинаміки та його застосування до ізопроцесів. Адіабатний процес. Перетворення механічної роботи в теплоту при різанні; розподіл теплоти між стружкою, деталлю, інструментом і навколишнім середовищем.

Тема 2.3. Другий закон термодинаміки. Теплові двигуни. Оборотні та необоротні процеси. Другий закон термодинаміки, поняття про ентропію. Принцип дії теплового двигуна. Цикл Карно. ККД теплового двигуна. Холодильна машина та тепловий насос. Компресорне та енергетичне обладнання машинобудівного підприємства.

Тема 2.4. Теплопередача. Теплові явища в зоні різання. Механізми передавання теплоти: теплопровідність, конвекція, теплове випромінювання. Коефіцієнт теплопровідності. Закон Стефана—Больцмана (оглядово). Джерела тепловиділення при механічній обробці. Температура в зоні різання та її вплив на стійкість інструмента. Мазильно-охолоджувальні рідини: фізичний механізм відведення теплоти та зменшення тертя. Тепловий режим верстата.

Тема 2.5. Агрегатні стани речовини. Плавлення, кристалізація, теплове розширення. Будова та властивості твердих тіл, рідин і газів. Кристалічні та аморфні тіла. Типи кристалічних ґраток металів. Плавлення і тверднення: питома теплота плавлення, температура плавлення металів. Пароутворення й конденсація. Теплове розширення твердих тіл: лінійне та об'ємне. Температурні деформації деталей і вузлів верстата, температурні похибки обробки та методи їх компенсації в системах ЧПК.

Модуль 3. Електрика і магнетизм

Тема 3.1. Електричне поле. Електричний заряд, його дискретність, закон збереження заряду. Закон Кулона. Електричне поле та його напруженість. Силові лінії. Робота поля, потенціал і різниця потенціалів. Провідники та діелектрики в електричному полі. Електроємність. Конденсатори та їх з'єднання. Енергія електричного поля. Ємнісні датчики положення; статична електрика у виробничих умовах і засоби її відведення.

Тема 3.2. Постійний електричний струм. Умови існування струму. Сила струму, густина струму, напруга. Закон Ома для ділянки кола. Опір провідника, питомий опір,

залежність опору від температури. Послідовне та паралельне з'єднання провідників. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола. Робота й потужність струму. Закон Джоуля—Ленца. Провідникові та ізоляційні матеріали в електрообладнанні верстатів; електробезпека.

Тема 3.3. Електричний струм у різних середовищах. Напівпровідники. Електропровідність металів, електролітів, газів і вакууму. Власна та домішкова провідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід. Напівпровідникові прилади: діод, транзистор, фотодіод, тензорезистор, терморезистор — елементна база датчиків систем ЧПК. Електроерозійна обробка: фізична природа імпульсного розряду в діелектричному середовищі.

Тема 3.4. Магнітне поле. Магнітне поле струму. Магнітна індукція та магнітний потік. Правило свердлика та правило лівої руки. Сила Ампера. Сила Лоренца. Магнітні властивості речовин: діа-, пара- та феромагнетики. Намагнічування та розмагнічування деталей. Магнітні плити й електромагнітні пристосування для закріплення заготовок; магнітопорошковий контроль деталей.

Тема 3.5. Електромагнітна індукція. Електродвигун. Досліди Фарадея. Магнітний потік. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Вихрові струми (струми Фуко), їх використання та шкідливий вплив. Самоіндукція. Індуктивність. Енергія магнітного поля котушки. Принцип дії електродвигуна та генератора. Крокові та серводвигуни в приводах подач верстатів з ЧПК; індуктивні датчики й вихрострумівий контроль.

Тема 3.6. Змінний струм. Трансформатор. Перетворення електроенергії. Отримання змінного струму. Діюче значення сили струму та напруги. Активний, індуктивний та ємнісний опори в колі змінного струму. Трансформатор: будова, принцип дії, коефіцієнт трансформації, режими роботи, ККД. Трифазний струм і асинхронний двигун. Випрямлення струму. Частотні перетворювачі та регулювання швидкості обертання шпинделя.

Модуль 4. Коливання, хвилі та оптика

Тема 4.1. Механічні та електромагнітні коливання. Хвилі. Ультразвук. Гармонічні коливання: амплітуда, період, частота, фаза. Математичний і пружинний маятники. Вільні, згасаючі та вимушені коливання. Резонанс і його прояви в техніці. Коливальний контур. Механічні хвилі: поздовжні та поперечні; довжина хвилі, швидкість поширення. Звук та його характеристики. Інфразвук та ультразвук. Вібραції технологічної системи під час різання: автоколивання, вимушені коливання, способи віброгасіння. Фізичні основи ультразвукового контролю та ультразвукової обробки.

Тема 4.2. Електромагнітні хвилі. Хвильова та квантова оптика. Лазери. Електромагнітне поле й електромагнітні хвилі. Шкала електромагнітних хвиль. Швидкість світла. Закони відбивання та заломлення світла. Лінзи, формула тонкої лінзи. Оптичні прилади та їх роздільна здатність. Дисперсія, інтерференція, дифракція та поляризація світла. Квантові властивості світла: фотон, енергія фотона. Фотоефект та рівняння Ейнштейна. Лазери: принцип дії та застосування (лазерне різання, маркування, вимірювання). Оптичні енкодери, лазерні інтерферометри та системи контролю точності верстатів.

Модуль 5. Атомна та ядерна фізика

Тема 5.1. Будова атома. Спектри. Рентгенівське випромінювання. Досліди Резерфорда та ядерна модель атома. Квантові постулати Бора. Енергетичні рівні атома, поглинання та випромінювання енергії. Спектри випускання й поглинання. Спектральний

аналіз і його застосування для визначення марки конструкційних та інструментальних матеріалів. Рентгенівське випромінювання: одержання, властивості, застосування в дефектоскопії та рентгеноструктурному аналізі (визначення залишкових напружень).

Тема 5.2. Фізика атомного ядра. Радіоактивність. Радіаційна безпека. Склад атомного ядра. Ядерні сили та енергія зв'язку ядра. Радіоактивність: альфа-, бета- та гамма-випромінювання. Закон радіоактивного розпаду, період напіврозпаду. Ядерні реакції, поділ важких ядер і термоядерний синтез (оглядово). Методи реєстрації іонізуючих випромінювань. Поглинена та еквівалентна дози, одиниці вимірювання. Біологічна дія іонізуючого випромінювання й основні принципи захисту (час, відстань, екранування). Радіографічний контроль відповідальних деталей. Сучасна фізична картина світу та її роль у розвитку техніки й цифрових технологій виробництва.

7. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Забезпечення дисципліни складається з друкованих та електронних матеріалів, що охоплюють усі п'ять модулів курсу:

- Електронний конспект лекцій з дисципліни «Фізика» для спеціальності G11 «Машинобудування» (ОПП «Комп'ютерні технології у машинобудуванні»), укладений у форматі коротких тематичних блоків.
- Збірник задач професійного спрямування «Фізика у машинобудуванні» з методичними вказівками до розв'язування.
- Методичні рекомендації до виконання практичних занять (15 занять) із зразками оформлення розрахунків та оцінювання похибок.
- Методичні рекомендації до самостійної роботи здобувачів освіти з переліком індивідуальних завдань і тем повідомлень.
- Довідкові матеріали: таблиці фізичних величин, теплофізичних і механічних властивостей конструкційних матеріалів, шкала електромагнітних хвиль, довідкові дані з точності та шорсткості обробки.
- Глосарій фізичних термінів професійного спрямування (українською та англійською мовами).
- Банк тестових завдань для модульного контролю та тренувального самоконтролю, розміщений у системі дистанційного навчання.
- Мультимедійні презентації, відеодемонстрації фізичних дослідів і технологічних процесів (процес різання, робота приводів верстата, вібрації технологічної системи, оптичні та ультразвукові методи контролю).
- Перелік питань і типових задач до диференційованого заліку, затверджений методичною комісією.

8. ВІДОМОСТІ ПРО ВИКЛАДАЦЬКИЙ СКЛАД

Викладання дисципліни здійснюється викладачами, які відповідають таким кваліфікаційним вимогам:

- Освіта: повна вища освіта (ступінь магістра або спеціаліста) за спеціальністю «Фізика», «Середня освіта (Фізика)», «Прикладна фізика та наноматеріали» або за суміжною інженерно-технічною спеціальністю за умови наявності права викладання фізики.
- Кваліфікація: вища або перша кваліфікаційна категорія; бажаною є наявність педагогічного звання.

- Спеціальна підготовка: періодичне підвищення кваліфікації з методики викладання природничих дисциплін та з питань академічної доброчесності. Обізнаність із методами андрагогіки (навчання дорослих) і володіння основами trauma-informed pedagogy (педагогіки, обізнаної з травмою) для забезпечення безпечної взаємодії з усіма категоріями здобувачів освіти, зокрема з ветеранами та особами, які постраждали від наслідків воєнних дій.
- Профільна обізнаність: розуміння специфіки механічної обробки, верстатного та інструментального забезпечення виробництва, що дозволяє добирати задачі та приклади професійного спрямування у співпраці з викладачами спеціальних дисциплін.
- Цифрові навички: володіння інструментами дистанційного навчання (Google Workspace, Google Classroom, Moodle, Zoom/Teams), засобами комп'ютерного моделювання фізичних процесів та віртуальними лабораторіями для забезпечення синхронного й асинхронного доступу до матеріалів.
- Охорона праці: проходження інструктажів і володіння правилами безпеки під час демонстраційних дослідів з електричними колами та вимірювальними приладами.

9. ФОРМИ ДОКУМЕНТІВ

Організація, контроль та облік освітнього процесу за даним курсом супроводжується такими документами:

1. Силабус навчальної дисципліни (надається здобувачам на першому занятті; містить політику курсу, дедлайни та критерії оцінювання).
2. Журнал обліку навчальних занять (в електронній формі).
3. Індивідуальний навчальний план здобувачів освіти (для осіб, які навчаються за гнучким або індивідуальним графіком, зокрема тих, хто проходить лікування чи реабілітацію).
4. Відомість обліку поточної та підсумкової успішності (залікова відомість).
5. Завдання (білети) до диференційованого заліку, затверджені методичною комісією; містять теоретичне питання, типову розрахункову задачу та професійно орієнтоване завдання.
6. Комплекти завдань модульного контролю № 1 і № 2.
7. Рубрикатор (матриця) оцінювання з чіткими критеріями нарахування балів за поточну роботу, СРС та підсумковий контроль у 100-бальній шкалі з переведенням у шкалу ЄКТС.

10. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА КРИТЕРІЇ НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти здійснюється за наскрізною 100-бальною системою протягом усього курсу. Система розроблена відповідно до вимог організації освітнього процесу та враховує специфіку підготовки фахівців з машинобудування, зокрема застосування trauma-informed (обізнаного з травмою) підходу під час роботи з ветеранами та особами, які постраждали від наслідків воєнних дій.

Підсумкова оцінка є сумою балів, набраних за поточну роботу в першій половині курсу (макс. 35 балів), поточну роботу в другій половині курсу (макс. 35 балів) та за підсумкове залікове заняття — диференційований залік (макс. 30 балів).

10.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Форма контролю	Період / Види навчальної роботи	Макс. бал
Проміжний підсумок 1	1 СЕМЕСТР (Модулі 1, 2)	35
	Робота на практичних заняттях (оцінюються 7 занять по макс. 2 бали)	14
	Виконання самостійної роботи (індивідуальні розрахункові завдання, опорні схеми)	6
	Модульний контроль № 1 (тестування та задачі за модулями 1–2)	15
	<i>Умова успішного проходження першої половини курсу: набрати не менше 60 % (від 21 до 35 балів). Ці бали фіксуються і сумуються далі.</i>	
Проміжний підсумок 2	1 СЕМЕСТР (Модулі 3, 4, 5)	35
	Робота на практичних заняттях (оцінюються 8 занять по макс. 2 бали)	16
	Виконання самостійної роботи (навчальний проєкт / повідомлення, розрахункові завдання)	4
	Модульний контроль № 2 (тестування та задачі за модулями 3–5)	15
	<i>Допуск до диференційованого заліку: сума балів за всі 5 модулів (макс. 70) має становити не менше 42 балів.</i>	
Підсумок	ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИЙ ЗАЛІК (підсумкове залікове заняття)	30
	Питання 1: Теоретичне (механіка, молекулярна фізика і термодинаміка)	10
	Питання 2: Типова розрахункова задача (електрика, магнетизм, коливання і хвилі, оптика, ядерна фізика)	10
	Питання 3: Професійно орієнтоване завдання (фізичне пояснення явища або процесу механічної обробки)	10
	<i>Важливо: якщо на заліковому занятті здобувач набирає менше 18 балів, диференційований залік вважається нескладеним незалежно від поточних балів.</i>	
	РАЗОМ ЗА КУРС (підсумкова оцінка)	100

10.2. Рубрикатор оцінювання навчальної діяльності

10.2.1. Оцінювання роботи на практичних заняттях

Оцінюванню підлягають 15 практичних занять (7 у першій половині семестру та 8 у другій).

Кількість балів (за 1 заняття)	Дескриптор (критерії досягнення)
2 бали (високий рівень)	Здобувач самостійно розв'язує задачі заняття, правильно обирає фізичну модель і формули, коректно працює з одиницями СІ та розмірностями, перевіряє правдоподібність результату. Здатен пояснити фізичний зміст

Кількість балів (за 1 заняття)	Дескриптор (критерії досягнення)
	отриманої величини та пов'язати її з реальним процесом механічної обробки.
1 бал (середній рівень)	Здобувач розв'язує задачі за зразком або з навідними запитаннями викладача. Допускає обчислювальні неточності чи помилки в переведенні одиниць. Фізичний зміст результату пояснює поверхнево.
0 балів (низький рівень)	Здобувач не підготовлений до заняття, не володіє базовими формулами теми, відмовляється виконувати завдання без поважних причин.
Траума-informed підхід (особлива умова)	Відмова здобувача-ветерана від усної відповіді біля дошки НЕ штрафується нулем балів. Викладач зобов'язаний замінити усний виступ письмовим розв'язанням задачі або індивідуальною консультацією. Пропуск заняття з поважної причини відпрацьовується асинхронно без втрати балів.

10.2.2. Оцінювання самостійної роботи (СРС)

Форми СРС: індивідуальні розрахункові завдання, опорні схеми та таблиці, реферат або мультимедійна презентація професійного спрямування.

Рівень виконання	Бали (Модулі 1–2)	Бали (Модулі 3–5)	Дескриптор (критерії досягнення)
Відмінно (90–100 %)	6	4	Завдання виконано самостійно й у повному обсязі, розв'язання логічно оформлені, одиниці й розмірності коректні. Матеріал повідомлення структурований, наведено посилання на джерела. Академічний плагіат відсутній.
Добре / задовільно (60–89 %)	4–5	3	Завдання виконано, проте наявні обчислювальні помилки або спрощене пояснення фізичного змісту. Оформлення джерел неповне. Робота здана з незначним порушенням строку.
Незадовільно (менше 60 %)	0–3	0–2	Завдання не виконано, виконано частково або містить академічний плагіат чи механічне копіювання чужих розв'язків без розуміння.

10.2.3. Оцінювання модульного контролю (максимум 15 балів за кожен)

Бали	Відсоток виконання	Критерії досягнення
14–15	90–100 %	Безпомилкове виконання тестових завдань і розрахункових задач, вільне володіння фізичною термінологією та символікою, правильне використання одиниць СІ.
11–13	75–89 %	Добре розуміння матеріалу модуля. Незначні помилки в складних задачах або в теоретичних формулюваннях.
9–10	60–74 %	Базовий рівень. Знання фрагментарні, задачі розв'язуються за зразком, але результат достатній для проходження контролю.
0–8	менше 60 %	Матеріал модуля не засвоєно. Здобувач плутає базові поняття, формули та одиниці вимірювання.

10.2.4. Оцінювання диференційованого заліку

Максимальна кількість балів — 30. Залікове завдання містить 3 питання, кожне з яких оцінюється окремо за шкалою від 0 до 10 балів. Важлива умова: якщо сума балів за залікове заняття становить менше 18 балів, диференційований залік вважається нескладеним незалежно від набраних протягом семестру поточних балів.

Бали (за 1 питання)	Рівень	Дескриптор (критерії досягнення)
9–10	Відмінно	Питання 1 (теорія): вичерпна, логічно побудована відповідь, правильні формулювання законів, розуміння меж їх застосування. Питання 2 (задача): розв'язок повний, обґрунтований, з перевіркою розмірності та оцінкою правдоподібності. Питання 3 (професійне завдання): здобувач самостійно пояснює технологічне явище мовою фізики, наводить кількісні оцінки та коректно пов'язує їх із практикою машинобудівного виробництва.
7–8	Добре	Питання 1 і 2: відповідь повна, але містить неточності у визначеннях або дрібні обчислювальні помилки, що не змінюють суті результату. Питання 3: пояснення правильне, проте шаблонне, без кількісних оцінок і глибокого аналізу.
5–6	Задовільно	Питання 1 і 2: знання фрагментарні, формули відтворюються неточно, задача розв'язується лише з підказками екзаменатора. Питання 3: явище описується на побутовому рівні, без застосування фізичних понять.
0–4	Незадовільно	Суть питання не розкрита. Здобувач не орієнтується в базових фізичних поняттях і одиницях вимірювання, не здатен розв'язати найпростішу задачу та пояснити виробничу ситуацію навіть за допомогою навідних запитань викладача.

10.2.5. Шкала переведення балів

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90–100	A	Відмінно
82–89	B	Добре
74–81	C	Добре
64–73	D	Задовільно
60–63	E	Задовільно
менше 60	FX / F	Незадовільно

11. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Вибір методів навчання для дисципліни «Фізика» базується на поєднанні класичних методик природничо-наукової підготовки, сучасних цифрових технологій та принципів інклюзивної освіти й андрагогіки. Наявність в інтегрованих навчальних групах здобувачів різного віку та життєвого досвіду вимагає гнучкості й обов'язкового застосування trauma-informed підходу. Усі приклади, задачі та демонстрації адаптовані під специфіку професійної підготовки фахівців з машинобудування, зокрема у сфері верстатів, інструментів та комп'ютерних технологій виробництва.

11.1. Словесні та наочні методи

- Проблемна лекція з елементами мікронавчання: теоретичний матеріал подається короткими блоками, між якими ставляться запитання, що вимагають прогнозування результату досліду або оцінки порядку величини.
- Демонстраційний експеримент: показ базових фізичних явищ (пружна деформація, теплове розширення, дія магнітного поля на провідник зі струмом, електромагнітна індукція, фотоефект) із дотриманням правил безпеки.
- Візуалізація та моделювання: відеофрагменти технологічних процесів (процес стружкоутворення, робота приводів верстата, вібрації технологічної системи, вимірювання на KBM), інтерактивні симуляції та віртуальні лабораторії.

11.2. Практично-орієнтовані методи (професійна спрямованість)

- Розв'язування задач з виробничим змістом: усі типові задачі супроводжуються професійною проєкцією — від оцінки жорсткості вузла до розрахунку потужності приводу верстата.
- Метод аналізу технологічних ситуацій: здобувачам пропонується виробнича ситуація (вібрації під час обробки, перегрів деталі, підвищений знос інструмента), яку потрібно пояснити на основі фізичних законів.
- Опрацювання результатів вимірювань: побудова та аналіз графіків залежностей, оцінювання похибок, робота з таблицями фізичних властивостей матеріалів.
- Метод проєктів (CPS): підготовка повідомлень і презентацій за темами «Фізика у машинобудуванні».

11.3. Інклюзивний та trauma-informed підхід (безпечне середовище)

- Керовані заняття з правилом «стоп-слова»: під час обговорення тем, дотичних до чутливого досвіду (іонізуюче випромінювання, вибухові й ударні процеси, наслідки уражень), здобувач має право відмовитися від участі без пояснення причин і без втрати балів.
- Гнучкість форм звітності: можливість замінити усну відповідь біля дошки письмовим розв'язанням або індивідуальною консультацією.
- Валідація різного досвіду: практичний і виробничий досвід здобувачів, зокрема ветеранів, використовується як цінне джерело прикладів під час вивчення механіки, теплових та електричних явищ.
- Врахування темпу: додатковий час на виконання розрахункових завдань для здобувачів, які цього потребують через стан здоров'я або реабілітацію.

11.4. Методи самостійної та електронної роботи

- Електронне навчання (e-learning): використання систем управління навчанням (LMS) для доступу до конспектів, тренувальних тестів і модульного контролю.
- Асинхронне опрацювання: самостійне вивчення теоретичного матеріалу за конспектом і підручником з подальшим онлайн-самоконтролем.
- Робота з довідковими джерелами: формування навички пошуку фізичних сталих і властивостей матеріалів у таблицях та перевірених електронних базах.

11.5. Методи дистанційного навчання

- Гнучке управління дедлайнами: завдання мають визначені строки, проте викладач індивідуально пролонгує їх для здобувачів, які перебувають у кризових ситуаціях (лікування, реабілітація).

- Trauma-informed онлайн-комунікація: політика «безпечного екрана» (увімкнення камери лише за бажанням), альтернативна звітність через чат, асинхронне консультування.

12. ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Політика вивчення дисципліни ґрунтується на принципах взаємоповаги, інклюзивності, дотримання академічної доброчесності та психологічної безпеки.

- Trauma-informed підхід та психологічна безпека: застосування правила «стоп-слова», забезпечення цифрової безпеки під час дистанційних занять (увімкнення камери виключно за бажанням здобувача), адаптивність до психоемоційних станів (можливість вільно покинути аудиторію для стабілізації без пояснення причин).
- Етика спілкування у змішаних групах: безумовна взаємоповага, валідація життєвого та бойового досвіду ветеранів, нульова толерантність до будь-яких проявів дискримінації, у тому числі за рівнем початкової підготовки з фізики й математики.
- Академічна доброчесність: вимагається самостійність виконання індивідуальних розрахункових завдань і повідомлень; забороняється списування, фабрикація результатів вимірювань і академічний плагіат. Використання інструментів штучного інтелекту дозволяється лише як допоміжного засобу для пошуку довідкової інформації та перевірки розуміння, але забороняється для генерації готових розв'язків задач, які подаються на оцінювання.
- Безпека на заняттях: обов'язкове дотримання правил безпеки під час демонстраційних дослідів з електричними колами, нагрівальними приладами та джерелами світла; заборона самостійних дій з обладнанням без дозволу викладача.
- Політика відвідування та асинхронного навчання: пропуски занять через поважні причини (лікування, реабілітація, сімейні обставини) не караються штрафними балами. Натомість від здобувача вимагається самостійне асинхронне відпрацювання пропущеного матеріалу в системі дистанційного навчання.
- Політика щодо дедлайнів: застосовуються гнучкі строки здачі практичних і самостійних робіт за умови обов'язкового попереднього інформування викладача про форс-мажорні чи інші поважні обставини.

13. ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ (ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЗАЛІКУ)

Завдання до диференційованого заліку формується з урахуванням специфіки підготовки фахових молодших бакалаврів за спеціальністю G11 «Машинобудування» (ОПП «Комп'ютерні технології у машинобудуванні») і складається з трьох блоків. Перший блок перевіряє теоретичні знання з усіх розділів курсу. Другий блок містить типову розрахункову задачу. Третій блок — професійно орієнтоване завдання, яке вимагає пояснити явище або процес механічної обробки мовою фізичних законів.

БЛОК 1. Теоретичні питання

1. Предмет і методи фізики. Фізичне явище, модель, закон і теорія. Межі застосовності фізичних теорій.
2. Фізичні величини та Міжнародна система одиниць (СІ). Основні та похідні одиниці. Перевірка розмірності.
3. Вимірювання фізичних величин. Види похибок. Правила округлення та значущі цифри.

4. Механічний рух. Система відліку, траєкторія, шлях, переміщення. Рівномірний прямолінійний рух.
5. Рівноприскорений рух. Прискорення. Рівняння руху та графіки залежностей.
6. Вільне падіння тіл. Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту.
7. Рівномірний рух по колу. Кутова швидкість, період, частота, доцентрове прискорення.
8. Перший закон Ньютона. Інерція та інертність. Інерціальні системи відліку.
9. Другий і третій закони Ньютона. Маса й сила. Складання сил.
10. Сила тяжіння, вага тіла, невагомість. Закон всесвітнього тяжіння.
11. Сила пружності. Деформації тіл. Закон Гука для пружини.
12. Сили тертя: спокою, ковзання, кочення. Коефіцієнт тертя. Роль тертя в механізмах.
13. Імпульс тіла та імпульс сили. Закон збереження імпульсу. Пружний і непружний удари.
14. Механічна робота й потужність. Кінетична та потенціальна енергія.
15. Закон збереження та перетворення енергії. ККД механізмів і технологічного обладнання.
16. Статика. Момент сили. Умови рівноваги твердого тіла. Правило моментів.
17. Центр тяжіння тіла. Види рівноваги. Стійкість конструкцій.
18. Види деформацій твердого тіла. Механічне напруження та відносна деформація.
19. Закон Гука для твердого тіла. Модуль Юнга. Діаграма розтягу: границі пружності, текучості й міцності.
20. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та їх дослідні обґрунтування. Кількість речовини, стала Авогадро.
21. Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ. Температура як міра середньої кінетичної енергії молекул.
22. Ізопроцеси та газові закони. Рівняння стану ідеального газу.
23. Внутрішня енергія тіла та способи її зміни. Кількість теплоти. Питома теплоємність.
24. Перший закон термодинаміки та його застосування до ізопроцесів. Адіабатний процес.
25. Другий закон термодинаміки. Принцип дії теплового двигуна. Цикл Карно та ККД.
26. Механізми теплопередачі: теплопровідність, конвекція, випромінювання. Коефіцієнт теплопровідності.
27. Плавлення і кристалізація. Питома теплота плавлення. Температура плавлення металів.
28. Пароутворення й конденсація. Питома теплота пароутворення.
29. Теплове розширення твердих тіл: лінійне та об'ємне. Коефіцієнт лінійного розширення.
30. Електричний заряд. Закон збереження заряду. Закон Кулона.
31. Електричне поле та його напруженість. Потенціал і різниця потенціалів. Робота електричного поля.
32. Провідники й діелектрики в електричному полі. Електроємність. Конденсатори та їх з'єднання.
33. Постійний електричний струм. Сила струму та напруга. Закон Ома для ділянки кола.
34. Опір провідника. Питомий опір. Залежність опору від температури. З'єднання провідників.
35. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола. Робота й потужність струму. Закон Джоуля—Ленца.
36. Електричний струм у металах та електролітах. Електроліз і його застосування.

37. Електричний струм у газах. Іонізація. Самостійний і несамостійний розряди. Види газових розрядів.
38. Власна та домішкова провідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід. Напівпровідникові прилади в датчиках систем ЧПК.
39. Магнітне поле струму. Магнітна індукція та магнітний потік. Правило свердлика.
40. Сила Ампера та сила Лоренца. Правило лівої руки.
41. Магнітні властивості речовин: діа-, пара- та феромагнетики. Намагнічування тіл.
42. Електромагнітна індукція. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Вихрові струми.
43. Самоіндукція. Індуктивність. Енергія магнітного поля котушки.
44. Змінний струм. Діюче значення сили струму й напруги. Опори в колі змінного струму.
45. Трансформатор: будова, принцип дії, коефіцієнт трансформації, ККД. Передавання електроенергії.
46. Гармонічні коливання: амплітуда, період, частота, фаза. Математичний і пружинний маятники.
47. Вільні та вимушені коливання. Резонанс і його прояви в техніці.
48. Механічні хвилі: поздовжні та поперечні. Довжина хвилі та швидкість поширення.
49. Звук і його характеристики. Інфразвук та ультразвук, їх застосування в техніці.
50. Електромагнітне поле та електромагнітні хвилі. Шкала електромагнітних хвиль.
51. Закони відбивання та заломлення світла. Лінзи. Формула тонкої лінзи.
52. Інтерференція, дифракція та поляризація світла.
53. Квантові властивості світла. Фотон і його енергія. Фотоефект та рівняння Ейнштейна.
54. Теплове випромінювання та люмінесценція. Поняття про лазери та їх застосування.
55. Ядерна модель атома. Досліди Резерфорда. Квантові постулати Бора.
56. Спектри випускання й поглинання. Спектральний аналіз і його застосування.
57. Рентгенівське випромінювання: одержання, властивості та застосування.
58. Склад атомного ядра. Ядерні сили. Енергія зв'язку ядра.
59. Радіоактивність. Види радіоактивного випромінювання. Закон радіоактивного розпаду.
60. Дія іонізуючого випромінювання на речовину та живі організми. Дози опромінення й принципи захисту.

БЛОК 2. Типові розрахункові задачі

61. Визначити швидкість і шлях тіла за заданим рівнянням рівноприскореного руху; побудувати графіки.
62. Розрахувати доцентрове прискорення та лінійну швидкість точки на ободі обертової деталі за відомою частотою обертання.
63. Знайти прискорення системи зв'язаних тіл за заданими масами й силою тяги.
64. Визначити силу тертя та мінімальну силу, потрібну для рівномірного переміщення заготовки по горизонтальній поверхні.
65. Розрахувати роботу й потужність, потрібні для піднімання зварної конструкції краном на задану висоту.
66. Визначити ККД механізму за відомими корисною та витраченою роботою.
67. Застосувати закон збереження імпульсу до задачі про непружний удар (наприклад, забивання деталі).

68. Визначити момент сили та умову рівноваги важеля або консольної балки.
69. Розрахувати механічне напруження в небезпечному перерізі елемента конструкції за заданим навантаженням і площею перерізу; порівняти з допустимим.
70. Обчислити абсолютне видовження сталого стрижня за законом Гука та визначити модуль Юнга за результатами вимірювань.
71. Розрахувати тиск газу в балоні за заданими об'ємом, масою газу й температурою (рівняння Клапейрона—Менделєєва).
72. Визначити об'єм захисного газу за нормальних умов, який міститься в балоні під заданим тиском.
73. Розв'язати задачу на ізотермічний, ізобарний або ізохорний процес із побудовою графіка.
74. Обчислити кількість теплоти, потрібну для нагрівання та плавлення заданої маси сталі.
75. Скласти й розв'язати рівняння теплового балансу для системи «нагріта деталь — охолоджувальне середовище».
76. Визначити ККД теплового двигуна за температурами нагрівника й холодильника.
77. Розрахувати лінійне видовження деталі при нагріванні від кімнатної температури до заданої.
78. Обчислити опір провідника за його довжиною, площею перерізу й питомим опором; врахувати нагрівання.
79. Розрахувати струм і напругу на ділянках кола зі змішаним з'єднанням провідників.
80. Застосувати закон Ома для повного кола до розрахунку струму в колі електроприводу з урахуванням внутрішнього опору джерела.
81. Обчислити кількість теплоти, що виділяється в провіднику електрообладнання верстата, за законом Джоуля—Ленца.
82. Визначити швидкість різання та частоту обертання шпинделя за заданим діаметром обробки; розрахувати крутний момент і потужність різання.
83. Розрахувати силу Ампера, що діє на провідник зі струмом у магнітному полі.
84. Обчислити ЕРС індукції в контурі при заданій швидкості зміни магнітного потоку.
85. Визначити коефіцієнт трансформації та напругу на вторинній обмотці трансформатора; розрахувати потужність і ККД електроприводу.
86. Розрахувати період, частоту та довжину хвилі коливань; визначити власну частоту коливань пружної системи та оцінити небезпеку резонансу.
87. Обчислити енергію фотона за довжиною хвилі; визначити роботу виходу за рівнянням фотоефекту; оцінити роздільну здатність оптичного енкодера.
88. Розв'язати задачу на закон радіоактивного розпаду: визначити кількість ядер, що залишилися, за заданим періодом напіврозпаду.

БЛОК 3. Професійно орієнтовані завдання (спеціальність G11 «Машинобудування», ОПП «Комп'ютерні технології у машинобудуванні»)

89. Поясніть з погляду кінематики, як пов'язані швидкість різання, діаметр обробки та частота обертання шпинделя. Чому під час точіння торця з постійною частотою обертання швидкість різання змінюється і як це компенсують системи ЧПК?
90. Обґрунтуйте з погляду динаміки й енергетики, як сила різання визначає крутний момент і потужність головного приводу верстата. Які фізичні наслідки має перевищення номінальної потужності?

91. Поясніть фізичну роль тертя в напрямних, підшипниках і гвинтових передачах верстата. Чому тертя спокою більше за тертя ковзання і як це впливає на точність малих переміщень супорта?
92. Розгляньте схему базування та закріплення заготовки з погляду статички. Які умови рівноваги мають виконуватися і до чого призводить недостатня сила затиску під час обробки?
93. Поясніть, чому пружні відтискання системи «верстат — пристосування — інструмент — деталь» спричиняють похибки форми деталі. Використайте закон Гука та поняття жорсткості.
94. Обґрунтуйте, які фізичні величини є вихідними даними для розрахунку деталі методом скінченних елементів у САЕ-системі. Чому без модуля Юнга й границі текучості результат моделювання не має інженерного змісту?
95. Поясніть, куди дівається механічна робота, витрачена на різання. Як розподіляється теплота між стружкою, деталлю, інструментом і середовищем та від чого залежить цей розподіл?
96. Обґрунтуйте фізичний механізм дії мастильно-охолоджувальної рідини. Які саме фізичні процеси зменшують температуру в зоні різання та знос інструмента?
97. Поясніть, чому теплові деформації верстата є однією з основних причин втрати точності під час тривалої роботи. Оцініть порядок величини видовження станини за заданої зміни температури.
98. Порівняйте з погляду теплофізики та механіки обробку сталі й алюмінієвого сплаву: як відмінності в теплопровідності, теплоємності й міцності впливають на вибір режиму різання.
99. Поясніть принцип дії крокового двигуна та серводвигуна в приводі подач верстата з ЧПК на основі законів магнітного поля й електромагнітної індукції.
100. Поясніть фізичні принципи роботи датчиків систем ЧПК: індуктивного, ємнісного, оптичного енкодера й тензорезистора. На якому фізичному явищі ґрунтується кожен із них?
101. Обґрунтуйте, як частотний перетворювач дозволяє плавно регулювати частоту обертання шпинделя. Використайте поняття змінного струму та принцип дії асинхронного двигуна.
102. Поясніть фізичну природу електроерозійної обробки. Чому імпульсний розряд у діелектричному середовищі здатен видаляти метал і які матеріали можна обробляти цим методом?
103. Поясніть причини виникнення вібрацій під час різання. Чим відрізняються вимушені коливання від автоколивань і які фізичні способи віброгасіння застосовують на практиці?
104. Обґрунтуйте небезпеку резонансу для технологічної системи. Як пов'язані власна частота, жорсткість і маса вузла та як цим користуються для уникнення резонансу?
105. Поясніть фізичні основи лазерних та оптичних методів вимірювання (інтерферометр, оптичний енкодер). Чому вони забезпечують значно вищу точність, ніж механічні засоби?
106. Поясніть фізичні основи ультразвукового та вихрострумowego контролю деталей. У чому переваги й обмеження кожного методу?
107. Поясніть, як спектральний аналіз дозволяє визначити марку конструкційної або інструментальної сталі. На яких квантових явищах ґрунтується цей метод?

108. Обґрунтуйте фізичні принципи радіаційної безпеки під час рентгенівського контролю відповідальних деталей у заводській лабораторії.

14. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ, МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Діагностика успішності навчання здобувачів фахової передвищої освіти здійснюється шляхом поєднання традиційних методів перевірки знань з фізики з розв'язанням розрахункових і професійно орієнтованих завдань машинобудування. Організація контролю спирається на принципи інклюзивності та педагогіки, обізнаної з травмою (trauma-informed підхід), що є критично важливим для інтегрованих груп. Діагностика здійснюється на поточному, модульному та підсумковому рівнях.

14.1. Засоби діагностики успішності навчання

- Комп'ютерне тестування (LMS Moodle / Google Classroom). Призначення: перевірка знання визначень, законів, формул, одиниць СІ та вміння виконувати короткі розрахунки. Адаптація: тести мають обмежений час виконання, проте для здобувачів, які потребують додаткового часу через особливості лікування чи реабілітації, тривалість сесії збільшується згідно з індивідуальним графіком.
- Оцінювання розв'язування розрахункових задач. Призначення: діагностика здатності будувати фізичну модель ситуації, добирати закони й формули, коректно оперувати одиницями та інтерпретувати числовий результат.
- Оцінювання професійно орієнтованих завдань. Призначення: діагностика здатності пояснити технологічне явище механічної обробки мовою фізики та обґрунтувати технічне рішення фізичними закономірностями.
- Індивідуальні завдання, повідомлення та презентації (CPC). Призначення: оцінка вміння самостійно знаходити, аналізувати та структурувати фізико-технічну інформацію, коректно посилатися на джерела.
- Спостереження за роботою на практичних заняттях. Призначення: оцінка активності, володіння термінологією, уміння аргументувати вибір способу розв'язання та працювати в парі чи малій групі.

14.2. Методичне забезпечення дисципліни

- Навчально-методичні матеріали: електронний конспект лекцій у форматі мікронавчання; збірник задач професійного спрямування «Фізика у машинобудуванні»; методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи; глосарій фізичних термінів.
- Довідкове забезпечення: таблиці фізичних сталих, фізико-механічних і теплофізичних властивостей конструкційних та інструментальних матеріалів, шкала електромагнітних хвиль, довідкові дані з режимів різання й точності обробки.
- Інструменти trauma-informed забезпечення: карти вибору форми звітності (усна відповідь або письмове розв'язання), покрокові алгоритми розв'язування типових задач для здобувачів з різним рівнем початкової підготовки.
- Технічне та програмне забезпечення: кабінет фізики та електротехніки, лабораторія обчислювальної техніки та інформаційних технологій, демонстраційне обладнання й вимірювальні прилади; платформи дистанційного навчання (LMS), віртуальні лабораторії та симуляції фізичних процесів.

14.3. Критерії оцінювання

Усі детальні критерії оцінювання (дескриптори досягнення результатів) та матриця розподілу балів за поточну роботу, СРС і підсумковий диференційований залік наведені в Розділі 10 цієї робочої програми.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою і фокусується не на механічному заучуванні формул, а на здатності здобувачів:

- Розуміти фізичний зміст законів і величин, усвідомлювати межі застосовності фізичних моделей.
- Будувати спрощену фізичну модель реальної технологічної ситуації та доводити її до числового результату.
- Коректно працювати з одиницями СІ, розмірностями та похибками, критично оцінювати правдоподібність отриманого результату.
- Переносити фізичні принципи на реалії проектування, механічної обробки, вимірювання та експлуатації верстатного обладнання.

15. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ (ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ)

Індивідуальні завдання для самостійної роботи розроблені з урахуванням профілю спеціальності G11 «Машинобудування», спеціалізації G11.01 «Верстати і інструменти» та освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології у машинобудуванні». Вони спрямовані на практичне застосування фізичних законів до реальних умов механічної обробки, експлуатації верстатного обладнання та комп'ютерного інженерного аналізу.

Враховуючи особливості контингенту (наявність в аудиторіях молоді, ветеранів та учасників бойових дій), самостійна робота базується на принципах андрагогіки та trauma-informed підходу. Здобувачі самостійно обирають конкретні завдання й теми з кожного напрямку відповідно до власних професійних інтересів та рівня психологічного комфорту.

Загальний обсяг самостійної роботи становить 48 годин (по 12 годин на кожен напрям).

НАПРЯМ 1: ОПРАЦЮВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ТА РОБОТА З ДОВІДКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ (12 годин)

Блок спрямований на систематизацію теоретичного матеріалу та формування навички роботи з довідковою фізико-технічною інформацією. Форма звітності: опорний конспект, структурно-логічна схема або порівняльна таблиця.

Завдання на вибір (необхідно виконати мінімум 2):

- Скласти зведену таблицю механічних властивостей конструкційних та інструментальних матеріалів (модуль Юнга, границя текучості, границя міцності, твердість) і проаналізувати, як ці величини впливають на вибір матеріалу деталі та різального інструмента.
- Укласти порівняльну таблицю теплофізичних властивостей металів (теплопровідність, питома теплоємність, температура плавлення, коефіцієнт лінійного розширення) та пояснити, як відмінності між ними позначаються на режимах різання й точності обробки.
- Побудувати структурно-логічну схему «Фізичні принципи датчиків систем ЧПК» із зазначенням для кожного типу датчика (індуктивний, ємнісний, оптичний, тензорезистивний, термо-) покладеного в його основу фізичного явища.

- Скласти опорну схему «Шкала електромагнітних хвиль» із зазначенням діапазонів, джерел, властивостей та застосування кожного виду випромінювання у вимірюванні, контролі та обробці матеріалів.
- Укласти глосарій фізичних термінів професійного спрямування (не менше 40 понять) українською та англійською мовами з короткими визначеннями.

НАПРЯМ 2: РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ (12 годин)

Блок спрямований на формування навички доводити фізичну модель до числового результату. Форма звітності: письмове розв'язання індивідуального варіанта із зазначенням формул, підстановки, одиниць та оцінки правдоподібності результату.

Завдання (виконуються за індивідуальними варіантами):

- Кінематичний розрахунок: визначення швидкості різання, частоти обертання шпинделя та передаточного відношення кінематичного ланцюга верстата.
- Динамічний та енергетичний розрахунок: визначення крутного моменту, потужності різання та потужності головного приводу з урахуванням ККД.
- Розрахунок пружних деформацій: визначення механічного напруження та абсолютної деформації елемента конструкції за законом Гука; оцінка жорсткості вузла та впливу відтискань на точність обробки.
- Тепловий розрахунок: визначення кількості теплоти, що виділяється під час обробки, та орієнтовної температури нагрівання деталі за рівнянням теплового балансу.
- Розрахунок теплового розширення: визначення видовження деталі або вузла верстата при нагріванні та відповідної температурної похибки розміру.
- Розрахунок електричного кола та електроприводу: сила струму, спад напруги, потужність втрат за законами Ома і Джоуля—Ленца; коефіцієнт трансформації та ККД приводу.
- Розрахунок коливань: визначення власної частоти пружної системи, періоду й довжини хвилі; оцінка небезпеки резонансу за заданої частоти обертання шпинделя.

НАПРЯМ 3: ПІДГОТОВКА НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ «ФІЗИКА У МАШИНОБУДУВАННІ» (12 годин)

Блок передбачає синтез фізичних знань і фахових уявлень зі спеціальності. Форма звітності: реферат обсягом 5–8 сторінок формату А4 або мультимедійна презентація (12–15 слайдів) із дотриманням принципів академічної доброчесності та правильним оформленням списку джерел.

Теми на вибір:

- «Фізика процесу різання: сили, теплота і знос інструмента».
- «Жорсткість технологічної системи як фізична основа точності механічної обробки».
- «Теплові деформації верстата та методи їх компенсації в системах ЧПК».
- «Вібрації під час різання: від фізики коливань до практики віброгасіння».
- «Фізичні принципи датчиків і зворотного зв'язку в системах числового програмного керування».
- «Електропривод металорізального верстата: від електромагнітної індукції до частотного регулювання».
- «Лазери в машинобудуванні: різання, маркування та прецизійні вимірювання».

- «Фізичні основи неруйнівного контролю деталей: ультразвук, вихрові струми, рентген».
- «Електроерозійна та інші фізико-технічні методи обробки матеріалів».
- «Фізика вимірювань: похибки, точність і довіра до результату в машинобудівній метрології».
- «Фізичні моделі в САЕ-системах: що насправді рахує скінченно-елементний аналіз».
- «Фізичні процеси в адитивному виробництві (3D-друк металами)».

НАПРЯМ 4: АНАЛІЗ ВИРОБНИЧИХ СИТУАЦІЙ ТА ПІДГОТОВКА ДО КОНТРОЛЬНИХ ЗАХОДІВ (12 годин)

Практична підготовка до підсумкового контролю. Здобувач отримує змодельовану виробничу ситуацію, яку необхідно пояснити на основі фізичних законів і, за можливості, підкріпити кількісною оцінкою. Форма звітності: письмовий аналіз ситуації з посиланнями на відповідні фізичні закони, а також результати тренувального тестування в LMS.

Ситуації на вибір (необхідно проаналізувати 2):

- Ситуація 1 «Похибка форми довгого вала». Після точіння вал набув бочкоподібної форми, хоча програма ЧПК коректна. Завдання: пояснити явище через пружні відтискання системи «верстат — пристосування — інструмент — деталь», оцінити прогин за законом Гука та запропонувати технологічні заходи (люнет, зменшення вільоту, зміна режиму).
- Ситуація 2 «Слід від вібрацій на обробленій поверхні». На поверхні деталі з'явилася регулярна хвилястість, чутний характерний звук. Завдання: пояснити природу вимушених коливань і автоколивань, оцінити власну частоту системи та обґрунтувати зміну частоти обертання або жорсткості кріплення.
- Ситуація 3 «Розмір “пливе” протягом зміни». На верстаті з ЧПК діаметр деталей поступово змінюється від початку до кінця зміни. Завдання: пояснити явище через теплове розширення вузлів верстата, розрахувати видовження за заданого коефіцієнта лінійного розширення та описати механізми термокомпенсації.
- Ситуація 4 «Прискорений знос інструмента». За незмінного матеріалу різко зросла інтенсивність зносу різця. Завдання: пояснити роль температури в зоні різання, теплопровідності матеріалів і дії МОР; обґрунтувати корекцію режиму різання фізичними міркуваннями.
- Ситуація 5 «Перевантаження приводу». Під час чорнового фрезерування спрацьовує захист двигуна головного руху. Завдання: розрахувати потужність різання за силою й швидкістю різання, порівняти з номінальною потужністю приводу з урахуванням ККД, запропонувати зміну параметрів обробки.
- Ситуація 6 «Розбіжність вимірювань». Той самий розмір, виміряний мікрометром у цеху та на координатно-вимірювальній машині в лабораторії, відрізняється. Завдання: пояснити розбіжність через температурні умови вимірювання, похибки приладів і методики; описати нормальні умови вимірювань та способи врахування температурної поправки.

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Викладач фізики

_____ / _____ (Прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

ПОГОДЖЕНО ТА СХВАЛЕНО:

на засіданні методичної комісії _____

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2026 р.

Голова методичної комісії

_____ / _____ (Прізвище, ініціали)

Заступник директора з навчально-методичної роботи ЗПО «ДПТК»

_____ / Сергій ГОРДІЄНКО

« ____ » _____ 2026 р.

ЛИСТ РЕЄСТРАЦІЇ ЗМІН ТА ДОПОВНЕНЬ ДО РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ

№ з/п	Дата внесення змін	Розділ, пункт, до якого вносяться зміни	Короткий зміст змін	Підпис розробника (викладача)	Погодження (№ протоколу методичної комісії та дата)
1					
2					
3					
4					