

ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ЗАПОРІЗЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ «ГРАНІ»
ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ

Розробник
Мінаєв Юрій Павлович

МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ФІЗИКИ

Навчальна програма з позашкільної освіти
дослідницько-експериментальний напрям

вищий рівень – 2 роки

Запоріжжя – 2024

Схвалено педагогічною радою комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді «Грані» Запорізької обласної ради, протокол № 2 від 28.05.2024

Затверджено наказом комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді «Грані» Запорізької обласної ради» від 28.05.2024 № 63/ 1

Розробник:

Мінаєв Юрій Павлович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, керівник гуртка комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді «Грані» Запорізької обласної ради

Рецензенти:

Зіновєєв Ігор Валерійович – завідувач кафедри загальної математики Запорізького національного університету, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Холявко Валентина Григорівна – вчитель математики Запорізького ліцею №105 Запорізької міської ради, вчитель математики вищої категорії, учитель-методист.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальні програми Міністерства освіти і науки України з математики та фізики для 11-річної школи до цього часу не збалансовані між собою. Програми з математики мають 4 рівні вивчення: стандартний, академічний, профільний та поглиблений.

Програма для профільного рівня призначена для організації навчання математики в класах математичного, фізичного та фізико-математичного профілів. Але навіть за цією профільною програмою матеріал не містить математичних понять і методів, необхідних для засвоєння навчального матеріалу з фізики.

Ще гірше становище у випускників, які вивчають математику на рівні стандарту. Як виявив аналіз програми, дуже багато важливих математичних понять залишаються поза її межами. Численні заклики до узгодження шкільних програм з фізики та математики на сторінках педагогічних видань вкотре залишаються без уваги МОНУ.

Крім цього, досвід роботи зі студентами фізичного факультету університету і попередні психолого-педагогічні дослідження дають можливість визнати, що існує принципово неправильна психологічна установка щодо способів засвоєння відповідних дисциплін. Більшість студентів налаштовані на механічне запам'ятовування теоретичного матеріалу, зокрема фізичних і математичних формул, не переймаючись встановленням аналогій та логічних зв'язків у навчальному матеріалі.

Актуальність цієї навчальної програми полягає у її змістовності щодо узагальнення зв'язків фізики та математики для старшокласників, з якими учні знайомі, але ніколи не поєднували їх разом, та на усунення інших недоліків у засвоєнні навчального матеріалу.

Новизна навчальної програми полягає в аспектах розвитку логічної пам'яті учнівської молоді, в перспективі – дорослої культурної людини, у

переході у когнітивному розвитку зі стадії конкретних операцій на стадію формальних операцій (за Піаже).

Особливість програми полягає у використанні власних дидактичних ідей проведення освітнього процесу, що ґрунтуються на попередніх психолого-педагогічних дослідженнях, з метою надання освітніх послуг вихованцям гуртків фізико-математичного спрямування.

Метою програми є створення умов для творчого розвитку учнівської молоді засобами науково-технічної творчості, пов'язаної з вивченням математичного апарату фізики, необхідного для продовження фізичної освіти в університеті.

Завдання програми полягають у забезпеченні формування ключових компетентностей:

- *навчально-пізнавальної компетентності*, зміст якої полягає у ознайомленні зі збалансованими математичними поняттями і методами, необхідними для засвоєння навчального матеріалу з фізики.

- *практичної компетентності*, зміст якої спрямований на відпрацювання здобутих знань і умінь з математики на фізичному матеріалі, засвоєння різних математичних перетворень та можливостей їх застосування.

- *творчої компетентності*, зміст якої полягає у розвитку в учнів логічної пам'яті для створення цілісної системи знань; уміння самостійно робити логічні висновки, успішно застосовувати їх у житті, працювати з джерелами інформації.

- *соціальної компетентності*, зміст якої полягає у формуванні критичного мислення, науково-дослідницького світогляду, почуття колективізму та відповідальності, профорієнтації.

Зміст програми включає:

- ознайомлення учнів з поняттями, що не входять до шкільної програми, але є ключовими для створення якщо не повноцінної системи, то принаймні, більш-менш великих островів фізико-математичних знань у свідомості учнів;

- неодноразове повернення до одних і тих самих об'єктів навчального пізнання з метою усвідомлення різних граней і зв'язків з іншими об'єктами, створюючи багатовимірну семантичну сітку, а не одновимірний ланцюг, який розпадається через вилучення хоча б однієї ланки;

- навчання учнів власноруч «ремонтувати» свою семантичну сітку, відновлюючи втрачені елементи за рахунок логіко-математичних висновків з тих елементів, що зберігаються у свідомості;

- методичне забезпечення курсу для сприяння прояву максимально можливої інтелектуальної самостійності учнів, подаючи новий теоретичний матеріал у проблемній формі.

Навчальна програма реалізується у фізико-математичному гуртку та спрямована на вихованців віком від 15 до 18 років, переважно учнів 10-11 класів, які готуються до навчання у вищих навчальних закладах на фізичних і фізико-технічних факультетах.

Навчальна програма передбачає 2 роки навчання в гуртку вищого рівня: по 216 год. на рік, 6 год. на тиждень та індивідуальні заняття по 108 год. на рік, 3 год. на тиждень (разом – 324 год. на рік).

Програма гуртка використовується під час організації групового та індивідуального навчання, яке проводиться відповідно до «Положення про порядок організації індивідуальної та групової роботи в закладах позашкільної освіти». Індивідуальні заняття необхідні для виконання науково-дослідних робіт, які мають бути представлені вихованцями на конкурсі-захисті Малої академії наук України.

Перевірка й оцінювання знань і умінь учнів здійснюється під час виконання ними практичних робіт, тестових завдань з теми, захистів власних розробок, участі в тематичних конференціях, конкурсах, олімпіадах, у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН України, тощо.

Вищий рівень, перший рік навчання
НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№	Розділ, тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1	Вступ	1	2	3
2	Зведення числових значень фізичних величин до стандартного вигляду. Перевірка на розмірність фізичних формул.	6	9	15
3	Елементи комбінаторики	12	18	30
3.1	Біном Ньютона, трикутник Паскаля і похідна функції $y = x^n$.	(6)	(9)	(15)
3.2	Фізичний зміст першої і другої похідної за часом. Рівняння і графіки, що стосуються рівноприскореного руху.	(6)	(9)	(15)
4	Приклади фізичних процесів математично аналогічних до рівноприскореного прямолінійного руху.	6	9	15
6	Перше знайомство з рядом Маклорена. Біноміальний ряд як ряд Маклорена для функції $y = (1 + x)^a$. Сума геометричної прогресії.	6	12	18
7	Фізичні приклади апроксимації функцій вигляду $y = (1 + x)^a$ біноміальним рядом.	6	9	15
8	Показникова та логарифмічна функції як взаємообернені. Число e як основа натурального логарифма.	6	12	18
9	Властивості логарифма як наслідки властивостей степеня.	6	9	15
10	Правила знаходження похідної складної функції і похідної оберненої функції на прикладі	6	12	18

	показникових і логарифмічних функцій.			
11	Приклади фізичних ситуацій, у математичному описі яких виникають показникові і логарифмічні функції. Механіко-електродинамічна аналогія.	6	12	18
12	Найпростіші показникові та логарифмічні рівняння з фізичним змістом.	6	12	18
13	Ряд Маклорена для функцій $y = e^x$ і $y = \ln(1+x)$. Використання відповідних апроксимацій для дослідження фізичних залежностей.	6	12	18
14	Узагальнення та повторення	3	12	15
	Разом	76	140	216

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год.)

Теоретична частина. Мета, завдання курсу.

Практична частина. Вступна контрольна робота. Розбір завдань контрольної роботи.

2. Зведення числових значень фізичних величин до стандартного вигляду. Перевірка на розмірність фізичних формул (15 год.)

Теоретична частина. Зведення числових значень до стандартного вигляду. Одиниці SI механічних величин. Одиниці SI електродинамічних величин. Вправи на перетворення виразів із одиниць SI.

Практична частина. Перевірка фізичних формул на розмірність без зведення до основних одиниць SI. Вправи на перетворення виразів, що містять позначення фізичних величин і фізичні сталі. Лінійний простір «векторів» одиниць фізичних величин. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

3. Елементи комбінаторики (30 год.)

3.1.Біном Ньютона, трикутник Паскаля і похідна функції $y = x^n$ (15 год.)

Теоретична частина. Формули скороченого множення та біном Ньютона. Трикутник Паскаля. Похідна функції $y = x^n$.

Практична частина. Число перестановок, число розміщень, число сполучень. Біноміальні коефіцієнти та їх властивості. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

3.2.Фізичний зміст першої і другої похідної за часом. Рівняння і графіки, що стосуються рівноприскореного руху (15 год.)

Теоретична частина. Фізичний та геометричний зміст похідної. Рівняння дотичної до графіка функції. Похідна за часом. Швидкість та прискорення.

Практична частина. Рівняння і графіки, що стосуються рівноприскореного руху. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

4. Приклади фізичних процесів математично аналогічних до рівноприскореного прямолінійного руху (15 год.)

Теоретична частина. Обертальний рух твердого тіла. Кутова швидкість, кутове прискорення. Момент інерції.

Практична частина. Механіко-електродинамічна аналогія на прикладі рівноприскореного руху. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

5. Перше знайомство з рядом Маклорена. Біноміальний ряд як ряд Маклорена для функції $y = (1 + x)^a$. Сума геометричної прогресії (18 год.)

Теоретична частина. Ряд Маклорена.

Практична частина. Біноміальний ряд як ряд Маклорена для функції $y = (1 + x)^a$. Сума геометричної прогресії. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

6. Фізичні приклади апроксимації функцій вигляду $y = (1 + x)^a$ біноміальним рядом (15 год.)

Теоретична частина. Використання розвинення в ряд Маклорена функцій вигляду $y = (1 + x)^a$ для наближених обчислень у фізичних задачах.

Практична частина. Застосування розвинення в ряд Маклорена функцій вигляду $y = (1 + x)^a$ для побудови графіків у фізичних задачах. Самостійна робота з теми. Розбір самостійної роботи.

7. Показникова та логарифмічна функції як взаємообернені. Число e як основа натурального логарифма (18 год.)

Теоретична частина. Показникова функція, її графік та властивості. Взаємно обернені функції. Показникова та логарифмічна функції як взаємообернені. Число e як основа натурального логарифма. Друга чудова границя.

Практична частина. Графік та властивості логарифмічної функції. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

8. Властивості логарифма як наслідки властивостей степеня (15 год.)

Теоретична частина. Означення логарифма. Основна логарифмічна тотожність.

Практична частина. Властивості логарифма як наслідки властивостей степеня. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

9. Правила знаходження похідної складної функції і похідної оберненої функції на прикладі показникових і логарифмічних функцій (18 год.)

Теоретична частина. Похідна функції $y = e^x$. Похідна складної функції на прикладі показникової функції. Похідна оберненої функції на прикладі логарифмічної функції. Гіперболічні функції. Їхні графіки та властивості.

Практична частина. Узагальнююча схема похідних функцій, пов'язаних з експонентою. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

10. Приклади фізичних ситуацій, у математичному описі яких виникають показникові і логарифмічні функції. Механіко-електродинамічна аналогія (18 год.)

Теоретична частина. Закон Бугера. Закон радіоактивного розпаду. Робота ідеального газу при ізотермічному розширенні. Реактивний рух.

Практична частина. Механіко-електродинамічна аналогія (диференціальні рівняння першого порядку). Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

11. Найпростіші показникові та логарифмічні рівняння з фізичним змістом (18 год.)

Теоретична частина. Алгоритм розв'язування рівнянь (на прикладах).

Практична частина. Тренувальні вправи. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

12. Ряд Маклорена для функцій $y = e^x$ і $y = \ln(1+x)$. Використання відповідних апроксимацій для дослідження фізичних залежностей (18 год.)

Теоретична частина. Отримання розвинень в ряд Маклорена функцій $y = e^x$ і $y = \ln(1+x)$ шляхом використання загальної формули.

Практична частина. Інші шляхи отримання розвинення в ряд Маклорена функцій $y = e^x$ і $y = \ln(1+x)$. Приклади апроксимації фізичних залежностей. Розв'язування вправ. Самостійна робота з теми.

13. Узагальнення та повторення (15 год.)

ОРІЄНТОВНИЙ ПЛАН
індивідуальних занять (3 год. на тиждень, 108 год. на рік)

Основний вид діяльності	Кількість годин
1. Вибір теми дослідження.	12
2. Огляд літератури стосовно обраної теми дослідження.	21
3. Проведення дослідження.	30
4. Оформлення результатів дослідження.	12
5. Підготовка до виступу на конкурсї-захисті.	9
6. Обрання подальшого напрямку роботи і проведення попередніх досліджень.	24
Разом	108

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Вихованці мають знати і розуміти:

- графіки елементарних функцій;
- поняття похідної, її фізичний та геометричний зміст;
- ряд Маклорена;
- поняття первісної.

Вихованці мають вміти і застосовувати:

- зводити число до стандартного вигляду з урахуванням одиниць вимірювання;
- перевіряти на розмірність фізичні формули;
- виконувати перетворення графіків елементарних функцій;
- розв'язувати елементарні рівняння для визначення невідомої величини із фізичної формули;
- розв'язувати системи рівнянь, які виникають у фізичних задачах;
- знаходити похідні;

- розвивати функції в ряд Маклорена.

Вихованці мають набути досвід:

- математичного моделювання явищ і процесів, які нас оточують;
- застосування законів механіки для кількісного та якісного опису фізичних процесів;
- розв’язування задач з механіки різних рівнів складності;
- побудови графіків руху матеріальної точки та застосування їх для розв’язку задач;
- проведення експериментальних досліджень різних механічних процесів і явищ;
- написання та оформлення науково-дослідницької роботи;
- участі у дискусіях, семінарах, конференціях, конкурсах.

Вищий рівень, другий рік навчання
НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№	Розділ, тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1	Вступ	1	2	3
2	Степенева та дробово-лінійна функції, їх графіки та рівняння з ними. Геометричні перетворення графіків.	3	6	9
3	Фізичні приклади степеневих та дробово-лінійних функцій.	3	6	9
4	Цікаві системи рівнянь, які виникають під час розв'язування фізичних задач.	3	9	12
5	Цікавинки тригонометричної функції:	42	117	159
5.1	Радіанна міра кутів, одиничне коло, означення тригонометричних функцій, періодичність, парність, графіки.	(3)	(6)	(9)
5.2	Теорема Піфагора, основна тригонометрична тотожність, значення тригонометричних функцій для деяких окремих значень аргументу.	(3)	(6)	(9)
5.3	Одиничне коло як засіб швидкого пригадування тригонометричних формул зведення.	(3)	(6)	(9)
5.4	Перші два підходи до одержання основних тригонометричних формул: з геометрії трикутника та з порівняння двох виразів для скалярного добутку одиничних векторів.	(3)	(9)	(12)
5.5	Фізичні приклади використання	(3)	(9)	(12)

	основних тригонометричних формул.			
5.6	Обернені тригонометричні функції. Область визначення і область значень. Побудова графіків.	(3)	(9)	(12)
5.7	Розв'язування найпростіших тригонометричних рівнянь.	(3)	(6)	(9)
5.8	Шляхи виведення формул похідних тригонометричних і обернених тригонометричних функцій з формули похідної функції $y = \sin x$.	(3)	(9)	(12)
5.9	Приклади гармонічних коливань. Механіко-електродинамічна аналогія.	(3)	(12)	(15)
5.10	Розвинення в ряд Маклорена тригонометричних і обернених тригонометричних функцій.	(3)	(12)	(15)
5.11	Зведення фізичних залежностей до певного вигляду.	(3)	(9)	(12)
5.12	Ряд Маклорена і оцінка похибок експериментальних результатів.	(3)	(12)	(15)
5.13	Геометрична інтерпретація комплексних чисел, формула Ейлера, формули тригонометричних функцій суми двох аргументів.	(3)	(6)	(9)
5.14	Одержання за допомогою формули Ейлера тригонометричних формул для кратних кутів, зниження степеня і перетворення добутку в суму та навпаки.	(3)	(6)	(9)
6	Використання комплексних чисел для опису коливальних процесів.	3	9	9
7	Узагальнення та повторення	3	12	15
	Разом	55	161	216

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год.)

Теоретична частина. Мета, завдання курсу.

Практична частина. Вступна контрольна робота. Розбір завдань контрольної роботи.

2. Степенева та дробово-лінійна функції, їх графіки та рівняння з ними. Геометричні перетворення графіків (9 год.)

Теоретична частина. Графіки степеневої функції $y = x^a$ в залежності від параметра a , їх властивості.

Практична частина. Базові геометричні перетворення графіків. Перетворення типу $f(x) \rightarrow f(x+C)$, $f(C \cdot x)$, $f(|x|)$. Базові геометричні перетворення графіків. Перетворення типу $f(x) \rightarrow f(x)+C$, $C \cdot f(x)$, $|f(x)|$. Дробово-лінійна функція. Побудова ланцюжків перетворень та графіків функцій. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

3. Фізичні приклади степеневих та дробово-лінійних функцій (9 год.)

Теоретична частина. Найпростіші фізичні приклади степеневих та дробово-лінійних функцій. Розпізнавання залежностей за графіками.

Практична частина. Побудова графіків фізичних залежностей (степеневих та дробово-лінійних функцій) за допомогою ланцюжків перетворень.

4. Цікаві системи рівнянь, які виникають під час розв'язування фізичних задач (12 год.)

Теоретична частина. Енергетичний спектр атома водню. Центральне пружне зіткнення частинок.

Практична частина. Системи рівнянь, які містять векторні величини. Розсіювання на нерухомій частинці меншої маси. Ефект Комптона. Системи рівнянь, які містять диференціальні рівняння. Рівняння адіабати. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

5. Цікавинки тригонометричної функції (159 год.)

5.1. Радіанна міра кутів, одиничне коло, означення тригонометричних функцій, періодичність, парність, графіки (9 год.)

Теоретична частина. Число π та радіанна міра кута. Приклади, що ілюструють необхідність введення радіанної міри. Полярна система координат. Рівномірний рух по колу. Побудова ескізів графіків функцій $y = \sin x$, $y = \cos x$. Одиничне коло. Графіки та властивості функцій $y = \sin x$, $y = \cos x$. Вісь тангенсів та вісь котангенсів. Графіки та властивості функцій $y = \operatorname{tg} x$, $y = \operatorname{ctg} x$.

Практична частина. Побудова графіків тригонометричних функцій за допомогою геометричних перетворень графіків. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

5.2. Теорема Піфагора, основна тригонометрична тотожність, значення тригонометричних функцій для деяких окремих значень аргументу (9 год.)

Теоретична частина. Теорема Піфагора. Різноманітні варіанти її доведень.

Практична частина. Рівняння кола та основна тригонометрична тотожність. Значення тригонометричних функцій для деяких окремих значень аргументу. Розв'язування вправ.

5.3. Одиничне коло як засіб швидкого пригадування тригонометричних формул зведення (9 год.)

Теоретична частина. Одиничне коло як засіб швидкого пригадування тригонометричних формул зведення.

Практична частина. Обчислення виразів за допомогою тригонометричних формул зведення. Теорема синусів. Розв'язування задач. Фізичні приклади використання. Теорема косинусів. Розв'язування задач. Фізичні приклади використання.

5.4. Перші два підходи до одержання основних тригонометричних формул: з геометрії трикутника та з порівняння двох виразів для скалярного добутку одиничних векторів (12 год.)

Теоретична частина. Формули тригонометричних функцій суми та різниці двох аргументів: виведення з геометрії трикутника. Тригонометричні функції подвійного кута. Формули тригонометричних функцій суми та різниці двох аргументів: виведення за допомогою скалярного добутку векторів. Основна тригонометрична тотожність. Зв'язок між тригонометричними функціями одного аргументу.

Практична частина. Формули перетворення суми тригонометричних функцій у добуток. Формули перетворення добутку тригонометричних функцій у суму. Формули подвійного та половинного аргументу. Універсальна тригонометрична заміна. Перетворення та обчислення тригонометричних виразів. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

5.5. Фізичні приклади використання основних тригонометричних формул (12 год.)

Теоретична частина. Побудова графіків фізичних залежностей, які містять тригонометричні функції. Розкладання векторів за двома неколінеарними векторами. Фізичні приклади.

Практична частина. Тригонометрія і геометрична оптика. Тригонометрія і механічні коливання. Окремі фізичні приклади використання основних тригонометричних формул. Самостійна робота з теми.

5.6. Обернені тригонометричні функції. Область визначення і область значень. Побудова графіків (12 год.)

Теоретична частина. Функції $y = \arcsin x$, $y = \arccos x$, їхні графіки та властивості. Функції $y = \arctg x$, $y = \operatorname{arccctg} x$, їхні графіки та властивості.

Практична частина. Побудова графіків обернених тригонометричних функцій за допомогою геометричних перетворень графіків функцій.

5.7. Розв'язування найпростіших тригонометричних рівнянь (9 год.)

Теоретична частина. Рівняння $\operatorname{tg} x = a$, $\operatorname{ctg} x = a$. Одиничне коло. Графіки функцій. Рівняння $\sin x = a$, $\cos x = a$. Одиничне коло. Графіки функцій.

Практична частина. Розв'язування рівнянь виду $\sin(kx + b) = a$, $\cos(kx + b) = a$, $\operatorname{tg}(kx + b) = a$, $\operatorname{ctg}(kx + b) = a$. Рівняння виду $A \sin x + B \cos x = C$. Фізичні приклади тригонометричних рівнянь.

5.8. Шляхи виведення формул похідних тригонометричних і обернених тригонометричних функцій з формули похідної функції $y = \sin x$ (12 год.)

Теоретична частина. Одержання похідних тригонометричних функцій безпосередньо з означення похідної. Одержання похідних тригонометричних функцій за допомогою тригонометричного кола.

Практична частина. Шляхи одержання похідних тригонометричних та обернених тригонометричних функцій. Графіки похідних тригонометричних та обернених тригонометричних функцій. Самостійна робота з теми. Розбір завдань самостійної роботи.

5.9. Приклади гармонічних коливань. Механіко-електродинамічна аналогія (15 год.)

Теоретична частина. Математичний апарат механіко-електродинамічної аналогії (окремі приклади гармонічних коливань).

Практична частина. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

5.10. Розвинення в ряд Маклорена тригонометричних і обернених тригонометричних функцій (15 год.)

Теоретична частина. Розвинення в ряд Маклорена тригонометричних функцій (безпосередньо з означення ряду Маклорена).

Практична частина. Розвинення в ряд Маклорена обернених тригонометричних функцій (як наслідок розвинення функції $y = (1 + x)^a$). Використання розвинення у ряд Маклорена тригонометричних та обернених тригонометричних функцій для дослідження фізичних залежностей. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

5.11. Зведення фізичних залежностей до певного вигляду (12 год.)

Теоретична частина. Математична структура фізичних виразів.

Практична частина. Розв'язування задач.

5.12. Ряд Маклорена і оцінка похибок експериментальних результатів (15 год.)

Теоретична частина. Оцінка похибок непрямих вимірювань і ряд Маклорена.

Практична частина. Застосування ряду Маклорена для побудови графіків функцій. Розв'язування вправ.

5.13. Геометрична інтерпретація комплексних чисел, формула Ейлера, формули тригонометричних функцій суми двох аргументів (9 год.)

Теоретична частина. Комплексна площина. Геометрична інтерпретація комплексного числа. Алгебраїчна форма запису комплексного числа. Показникова та тригонометрична форма запису комплексного числа. Формула Ейлера.

Практична частина. Доведення тригонометричних формул суми і різниці двох аргументів за допомогою комплексних чисел. Розв'язування вправ.

5.14. Одержання за допомогою формули Ейлера тригонометричних формул для кратних кутів, зниження степеня і перетворення добутку в суму та навпаки (9 год.)

Теоретична частина. Виведення тригонометричних формул для кратних кутів з перевіркою рядом Маклорена.

Практична частина. Виведення тригонометричних формул зниження степеня з перевіркою рядом Маклорена. Виведення тригонометричних формул перетворення добутку в суму і навпаки. Розв'язування задач. Самостійна робота з теми.

6. Використання комплексних чисел для опису коливальних процесів (9 год.)

Теоретична частина. Комплексні числа і вимушені коливання лінійного дисипативного осцилятора.

Практична частина. Комплексні числа і вільні коливання лінійного дисипативного осцилятора. Розв'язування вправ.

7. Узагальнення та повторення (15 год.)

ОРІЄНТОВНИЙ ПЛАН

індивідуальних занять (3 год. на тиждень, 108 год. на рік)

Основний вид діяльності	Кількість годин
1. Вибір теми дослідження.	12
2. Огляд літератури стосовно обраної теми дослідження.	21
3. Проведення дослідження.	30
4. Оформлення результатів дослідження.	12
5. Підготовка до виступу на конкурсі-захисті.	9
6. Обрання подальшого напрямку роботи і проведення попередніх досліджень.	24
Разом	108

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Вихованці мають знати і розуміти:

- степеневу та дробово-лінійну функції, їх графіки;
- цікаві системи рівнянь, які виникають під час розв'язування фізичних задач;
- поняття визначеного інтегралу;
- поняття скалярного та векторного добутку векторів;
- поняття комплексного числа;
- формулу Ейлера для комплексних чисел.

Вихованці мають вміти і застосовувати:

- зводити число до стандартного вигляду з урахуванням одиниць вимірювання;
- перевіряти на розмірність фізичні формули;
- виконувати перетворення графіків елементарних функцій;
- розв'язувати елементарні рівняння для визначення невідомої величини із фізичної формули;
- розв'язувати системи рівнянь, які виникають у фізичних задачах;

- знаходити похідні;
- розвивати функції в ряд Маклорена.

Вихованці мають набути досвід:

- в оволодінні основними поняттями математичного та фізичного спрямування та одержанні фізико-математичних знань поза шкільної програми;

- в освоєнні аналогічних фізико-математичних об'єктів, вільного користування ними, самостійної підготовки висновків щодо фізичних процесів, критичного аналізу результатів, отриманих під час розв'язування задач;

- у розвитку потреби в творчій самореалізації та самовдосконаленні засобами математичних та фізичних знань, прояву ініціативи при користуванні ними, участі у науково-дослідній діяльності, інтелектуальному удосконаленні;

- у формуванні критичного мислення, потреби у науково-дослідницькій діяльності, участі у конкурсах, почуття колективізму, патріотизму, відповідальності та профорієнтації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кенєва І.П., Лозовенко О.А., Мінаєв Ю.П. Механічні коливання: Методичні вказівки з дисципліни “Фізика” для слухачів факультету загальнотехнічної підготовки. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. — 86 с.
2. Кенєва І.П., Лозовенко О.А., Мінаєв Ю.П. Обертальний рух твердого тіла: Методичні вказівки з дисципліни “Фізика” для слухачів факультету загальнотехнічної підготовки. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. — 86 с.
3. Кенєва І.П., Лозовенко О.А., Мінаєв Ю.П. Математичний апарат фізики : збірник завдань для студентів фізичного факультету. — Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – 77 с.
4. Кенєва І. П., Марченко О.А., Мінаєв Ю.П. Вимоги до математичної підготовки учнів для успішного оволодіння теоретичним матеріалом з механіки // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. - Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2002. - Вип. 8. - С. 258-265.
5. Кенєва І.П., Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І. Фізико-математичні вправи на вступних іспитах до університету та олімпіадах для абітурієнтів: Навчальний посібник / За заг. ред. Ю.П. Мінаєва. — Запоріжжя: ЗДУ, 2005. — 98 с.
6. Мінаєв Ю.П. Математичний апарат фізики для першокурсників : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Ю.П. Мінаєв. — Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2013. — 200 с.
7. Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І., Шалатов Д.С. Організація навчального дослідження залежності періоду коливань математичного маятника від амплітуди / XXVI Міжнародна науково-практична конференція «Problems of science and practice, tasks and ways to solve them», (5-8 липня 2022 р.), Гельсінкі, Фінляндія, С. 261–268. URL: <https://isg-konf.com/ru/problems-of-science-and-practice-tasks-and-ways-to-solve-them-2/>

8. Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І., Шалатов Д.С. Навчання старшокласників прийомів критичного мислення на прикладі аналізу статті про розрахунок періоду коливань маятника у випадку довільних амплітуд / Фізика та освітні технології. 2022. Вип. 1, С. 48-55.

URL: <http://journals.vnu.volyn.ua/index.php/physics/article/view/738/679>

9. Lozovenko O., Sokolov Y., Minaiev Yu. Evaluation of Students' Understanding the Uncertainties after A New Course "Search for Physics Laws". International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP). 2021. Т. 11. № 3. С. 116-130. URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/20503>. (SCOPUS).

10. Lozovenko O. ., Sokolov Y. ., Minaiev Yu. "Search for Physics Laws"—A New Laboratory Course for Engineering Students. В кн.: Educating Engineers for Future Industrial Revolutions / За загальною редакцією Auer M. ., Rüütman T. . Cham: Springer. 2021. pp. 361-370. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-68201-9_36#citeas. (SCOPUS).

11. Lozovenko O., Minaiev Yu., Lutai R. (2022) "Dzhanibekov effect in a physics classroom", Physics Education, 2022, 57, 015019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac36a8#>