

SCI-CONF.COM.UA

CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION



**PROCEEDINGS OF XII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JULY 29-31, 2024**

**BERLIN
2024**

CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION

Proceedings of XII International Scientific and Practical Conference

Berlin, Germany

29-31 July 2024

Berlin, Germany

2024

UDC 001.1

The 12th International scientific and practical conference “Current challenges of science and education” (July 29-31, 2024) MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2024. 393 p.

ISBN 978-3-954753-05-5

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Current challenges of science and education. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2024. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-challenges-of-science-and-education-29-31-07-2024-berlin-nimechchina-arhiv/>.

Editor

Komarytskyy M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: berlin@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2024 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2024 MDPC Publishing ®

©2024 Authors of the articles

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. *Kravchenko O., Nykytiuk Yu.* 11
FORECASTING THE IMPACT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE
ON BIRDS IN ZHYTOMYR REGION (UKRAINE)
2. *Клименко І. І.* 18
ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОЗАХОДІВ НА ТРАНСЛОКАЦІЮ
СВИНЦЮ, КАДМІЮ І ЦИНКУ В СИСТЕМІ ҐРУНТ-РОСЛИНА
ЗА ЗАБРУДНЕННЯ ЕКОТОПІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ
3. *Прокопенко Н. А., Прокопенко Е. В.* 23
ВПЛИВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ
МАТОЧНИХ НАСАДЖЕНЬ
4. *Суріна Г. Ю.* 26
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ПРОЄКТ ФРАНЦУЗЬКОГО УРЯДУ

BIOLOGICAL SCIENCES

5. *Horban V. V., Vysochin D. V.* 33
INFLUENCE OF ECOLOGICAL FACTORS ON POPULATIONS OF
UNGULATES IN SOUTHEASTERN UKRAINE AND WAYS TO
OVERCOME IT
6. *Воронова Н. В., Смірнов Д. О.* 36
ЕКОЛОГІЯ КРОВОСИСНИХ КОМАРІВ ВЕРХІВ'Я
КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ПІСЛЯ ЗМІНИ ЙОГО
ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ
7. *Майба С. О., Твердохліб О. В.* 39
СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛОРИ ДОЛИНИ РІЧКИ
МОЖ (ВАЛКІВСЬКИЙ РАЙОН ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)
8. *Чумаченко І. М., Шевченко В. М.* 46
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ЯГІДНИХ КУЛЬТУР В
УКРАЇНІ

MEDICAL SCIENCES

9. *Leshchuk Ya., Farmaha M., Stadnyk I.* 52
THE FREQUENCY OF LIVER FIBROSIS IN PATIENTS WITH
NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE
10. *Paliy A., Leshchuk Ye., Farmaha T.* 54
THE USE OF APRF TECHNOLOGY TO PREVENT POST-
EXTRACTION COMPLICATIONS IN THE REMOVAL OF LOWER
THIRD MOLARS

11. **Бордун В. А.** 56
АНАЛІЗ ЗВЕРНЕНЬ ЗА ПЕРВИННОЮ МЕДИЧНОЮ
ДОПОМОГОЮ СЕРЕД ЧИСЛА ВНУТРІШНЬО ПЕРЕМІЩЕНИХ
ОСІБ, ЩО ПРИБУЛИ З ЗОНИ ЕВАКУАЦІЇ
12. **Клітинська О. В., Бунь О. В.** 59
ФОРМУВАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ТКАНИН
ЗУБІВ
13. **Петрух А. А., Слічний С. В.** 62
ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПИТУВАЛЬНИКА
СИМПТОМІВ ЯК ОДИН З ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ
ЛІКАРІВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
14. **Ризничук М. О.** 66
ПОЛІМОРФІЗМ ГЕНА *COL1A1* У ПАЦІЄНТІВ
ПРЕПУБЕРТАТНОГО ВІКУ ІЗ ІДІОПАТИЧНОЮ
НИЗЬКОРОСЛІСТЮ
15. **Тимофєєв О. О., Чередніченко А. М.** 69
ВИКОРИСТАННЯ НЕСТЕРОЇДНИХ ПРОТИЗАПАЛЬНИХ
АНАЛЬГЕТИКІВ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЩАДНОЇ
ГАЙМОРОТОМІЇ З МІСЦЕВОЮ ПЛАСТИКОЮ ОРО-
АНТРАЛЬНОГО СПОЛУЧЕННЯ
16. **Тимофєєв О. О., Тимофєєв О. О., Ярифа М. О., Чайковський І. Г.** 74
ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГІГІЄНА ПОРОЖНИНИ РОТА ПІСЛЯ
ВИДАЛЕННЯ РЕТЕНОВАНИХ ЗАПІЗНІЛИХ ЗУБІВ
17. **Хомишин В. П., Марусяк С. В.** 79
БІОЛОГІЧНИЙ ВІК ТА ЙОГО ВАЖЛИВІСТЬ В УМОВАХ
СУЧАСНОЇ МЕДИЦИНИ
18. **Чумак О. Ю., Волоха А. П.** 82
АНАЛІЗ ВМІСТУ СИРОВАТКОВИХ ІМУНОГЛОБУЛІНІВ У
НОВОНАРОДЖЕНИХ ІЗ ЛОКОМОТОРНИМИ ОЗНАКАМИ
НЕДИФЕРЕНЦІЙОВАНОЇ ДИСПЛАЗІЇ СПОЛУЧНОЇ ТКАНИНИ

PHARMACEUTICAL SCIENCES

19. **Mammadova A. S., Tagiyeva N. A., Hasanova L. A.** 87
MEDICINAL HERBS USING FOR TREATMENT OF
OSTEOARTHRITIS

CHEMICAL SCIENCES

20. **Raiymbekov Ye., Kambarova G.** 91
IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON THE
HYDROCHEMICAL REGIME AND SALINITY LEVELS OF THE
SYR DARYA RIVER BASIN

TECHNICAL SCIENCES

21.	Godunko Ie. PEA PROTEIN ISOLATE AND HYDROLYZED COLLAGEN SUPPLEMENTS FOR ENRICHING WHEAT BREAD	99
22.	Lavrenko Ia., Frolov V. ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE BRACKET	102
23.	Pashchenko O., Allakhveranov R. ACTUATORS OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS	105
24.	Voskoboinick V., Gorbatenko E., Pasichnyk A., Masiuk S., Sokolovsky G. BOUNDARY LAYER ON THE SURFACE OF A FLEXIBLE EXTENDED CYLINDER	110
25.	Галенко О. О., Воронцов М. М. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ КЛІТКОВИН У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ	117
26.	Єгоров Д. В. ДВОФАКТОРНА СТРУКТУРИЗАЦІЯ ПРОЄКТУ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ НЕТВОРКІНГУ ДЛЯ АУТСОРС ІТ-СПЕЦІАЛІСТІВ	120
27.	Калашник Т. В., Дімошенко О. М. ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНОМУ СВІТІ	123
28.	Кальницький О. В. АЛГОРИТМИ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МУЛЬТИКАМЕРНОЇ УСТАНОВКИ	125
29.	Клещук О. О., Шутюк В. В. СУЧАСНІ ТРЕНДИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ БАРВНИКІВ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	131
30.	Лимаренко О. М., Жорж І. М., Козловський О. М., Кривченко О. В. ДІАГНОСТИКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАНИНИ ГІДРОПРЕСУ	135
31.	Лимаренко О. М., Самсонников Є. Д., Степовий О. Г., Хаджиоглов Л. Г. COMPUTER DESIGN OF FRAME OF RACING CAR	142
32.	Нездвецька І. В. ДОСЛІДЖЕННЯ СУШІННЯ ЯГІД ЧОРНИЦІ КОМБІНОВАНИМ СПОСОБОМ	146
33.	Подельський С. В. РОЛЬ БЛОКЧЕЙНУ У ПІДВИЩЕННІ БЕЗПЕКИ ТА ПРОЗОРОСТІ МІЖНАРОДНИХ ПЛАТЕЖІВ	150
34.	Романенко О. О. ПРО ПРИРОДУ ІНФОРМАЦІЇ	156

35.	Свистунов І. О. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ	161
36.	Тіхонов С. В. ПИТАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ В БАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	165
37.	Шановал Н. О. ВЗАЄМОДІЇ МІЖ АТОМАМИ І ЇХ ВПЛИВ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ У НАНОТЕХНОЛОГІЯХ	172
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES		
38.	Yakimova N. A. ROTATING LOGICAL MATRICES	177
39.	Калайда О. Ф. ІНТЕГРУВАННЯ НОРМАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З КУСКОВО ПОЧЕРЕЖНО ОДИНАКОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ СТРІЧКИ	181
40.	Присяжнюк М. В. ВИКОРИСТАННЯ 3D РУЧКИ НА УРОКАХ ГЕОМЕТРІЇ	183
GEOGRAPHICAL SCIENCES		
41.	Koval R. TEMPORAL ANALYSIS OF THE SPI DROUGHT INDEX FOR THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE	185
PEDAGOGICAL SCIENCES		
42.	Васильєва Р. Ю., Степанчиков Д. А., Дорош В. В. ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ НАВЧАННІ ФІЗИКИ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ	189
43.	Мельничук Л. Б., Кравець І. Р., Кравець Р. А. ЗДОРОВ'ЯЗБЕРІГАЮЧА КОМПЕТЕНЦІЯ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ: ЇЇ СУТНІСТЬ ТА ЗНАЧЕННЯ	194
44.	Пащенко В. В. ПЕДАГОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТВОРЕННЯ КОМАНДНО-ЦІЛЬОВОЇ МОТИВАЦІЇ ДЛЯ НОВИХ ЧЛЕНІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ГРУПИ	201
PSYCHOLOGICAL SCIENCES		
45.	Абсалямова Л. М., Буркацька А. В. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕОРІЙ МОТИВАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	205
46.	Бєляєва Н. Є., Ляшенко Б. Ю. МОТИВАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОГНІТИВНИХ НАВИЧОК У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ	211

47.	Горянська А. М.	215
	СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТОЛЕРАНТНОСТІ ВИХОВАТЕЛЯ ЗАКЛАДУ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ	
48.	Зоря Я. Г.	219
	ПСИХОЛОГІЯ ВІДНОСИН. ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТОК ВІДНОСИН	
49.	Салманова Н.	222
	ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАФОРИЧЕСКИХ АССОЦИАТИВНЫХ КАРТ В РАБОТЕ С ПСИХОСОМАТИКОЙ	
SOCIOLOGICAL SCIENCES		
50.	Яворський О. А.	231
	ВПЛИВ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ КУЛЬТУРИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРУДОВИХ ВІДНОСИН	
CULTUROLOGY		
51.	Столяр М. Б., Богун М. О.	238
	АНІМАЛІСТИЧНИЙ КУЛЬТУРНИЙ ПОВОРІТ У СУЧАСНОМУ ІНФОПРОСТОРІ	
POLITICAL SCIENCES		
52.	Бєлозерських Р. Є.	245
	ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ	
53.	Гайдар І. В.	252
	СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГРОМАДСЬКОСТІ ТА МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	
54.	Гладкий І. Я.	259
	М'ЯКА СИЛА: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ	
55.	Голуб І. О.	263
	СТРАТЕГІЧНІ КОМУНІКАЦІЇ В ПУБЛІЧНОМУ УПРАВЛІННІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ	
56.	Голуб В. І.	270
	КОМУНІКАЦІЙНИЙ ВИМІР ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ: ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	
57.	Городажєв Д. А.	277
	ІННОВАЦІЙНІ КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВЗАЄМОДІЇ ВЛАДИ З ГРОМАДСЬКІСТЮ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ	
58.	Деркач Л. Ю.	284
	РОЛЬ ЛІДЕРСТВА В СИСТЕМІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	

59.	<i>Михайловська М. Ю.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ	291
60.	<i>Мірошніченко В. І.</i> ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ПСИХОЛОГІЧНІ ВІЙНИ ЯК СКЛАДОВІ ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ	298
PHILOLOGICAL SCIENCES		
61.	<i>Жовтяк В. А.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНА «КІБЕРБЕЗПЕКА»: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АСПЕКТ	301
62.	<i>Ненастіна Т. О., Гріцай К. М., Романюк А. Д.</i> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ ОСВІТИ	305
ECONOMIC SCIENCES		
63.	<i>Kharchenko V. V., Khomenko L. M.</i> FEATURES OF THE FORMATION AND USE OF PROFIT IN THE PROCESS OF ECONOMIC ACTIVITY OF ENTERPRISES	308
64.	<i>Kharchenko V. V., Khomenko L. M.</i> EVALUATION OF BEHAVIOR CONTROL ON PJSC "OBOLON"	316
65.	<i>Telnov A. S., Zhumela A. O.</i> MODERN INTERNET TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT OF THE MARKETING ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE	324
66.	<i>Горовий К. Ю.</i> АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА У ТУРБУЛЕНТНІ ЧАСИ	329
67.	<i>Грицишен В. А.</i> КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ ВТРАТ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	332
68.	<i>Дементович Б. Р., Русіна Ю. О.</i> УПРАВЛІННЯ ДЕПОЗИТНОЮ ПОЛІТИКОЮ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ	338
69.	<i>Дерба В. С.</i> ЗМІНИ В СТРУКТУРІ ЗОВНІШНІХ ДЕРЖАВНИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ	342
70.	<i>Кобеля-Звір М. Я.</i> ГРАНТИ ДЛЯ ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЇЇ РОЗВИТКУ ПІД ЧАС ВІЙНИ ТА ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД	346
71.	<i>Кравченко О. О., Кушніренко Д. О.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ У СВІТОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ	352
72.	<i>Міренков А. О.</i> ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОПОДАТКУВАННЯ ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ В УКРАЇНІ	358

73.	Прийдак Т. Б., Лега О. В., Яловега Л. В. ОБЛІКОВІ АСПЕКТИ: ФОРМУВАННЯ ДОХОДІВ ТА ВИТРАТ ЩОДО ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ	362
74.	Сєвідова І. О., Сусіденко О. В., Жураківський Є. С. РИЗИКИ ТА ЗАГРОЗИ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ	366
75.	Славутич О. І., Зима С. В. АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА РОЗМІРУ ЗБИТКІВ, ЗАВДАНИХ ДОРОЖНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ УКРАЇНИ В НАСЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РФ	370
76.	Федоренко Н. О. ФОРМУВАННЯ ІМІДЖУ ПІДПРИЄМСТВ ГОТЕЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА	375
LEGAL SCIENCES		
77.	Безуглий М. О. ВВЕДЕННЯ В ОМАНУ СПОЖИВАЧІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ	379
78.	Рудниченко А. Ю. МОЖЛИВОСТІ ПОКРАЩЕННЯ ДОСТУПУ ДО ЗАКОНОДАВСТВА В УКРАЇНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	384
79.	Шелудяков Р. С. ІНСТИТУТ МЕДІАЦІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ВРЕГУЛЮВАННЯ СПОРІВ У ЦИВІЛЬНО-ПРАВОВІЙ СФЕРІ	388

ВЗАЄМОДІЇ МІЖ АТОМАМИ І ЇХ ВПЛИВ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ У НАНОТЕХНОЛОГІЯХ

Шаповал Наталя Олександрівна

к.т.н., доцент кафедри фізики та математики
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
м. Миколаїв, Україна

Анотація: У даній роботі досліджуються методи і моделі для вивчення фізичних властивостей матеріалів на наноуровні, зокрема метод молекулярної динаміки. Аналізується вплив парних взаємодій атомів і далеко діючих сил на міцнісні та теплофізичні характеристики матеріалів. Також розглядається взаємозв'язок між фононами і фотонами, які відповідають за різні фізичні явища: фонони – за теплоємність і теплопровідність, фотони – за спектр електромагнітного випромінювання. Описується залежність енергії і кількості фононів та фотонів від температури, що дозволяє краще розуміти їхню роль у фізичних процесах на наноуровні.

Ключові слова: наноуровень, міжатомні взаємодії, теплофізичні властивості, електромагнітні поля, фонони, фотони, нанотехнології, міцність матеріалів.

При дослідженні фізичних властивостей матеріалів на нанорівні використовуються різні методи і моделі для аналізу їх міцних і теплофізичних характеристик [1]. Один з найбільш поширених підходів — метод молекулярної динаміки, що ґрунтується на взаємодії пар атомів матеріалу, припускаючи, що ці сили мають далекодіючий характер. Іншими словами, ці взаємодії (притягання та відштовхування) можуть виявлятися ефективними на відстанях, що перевищують міжатомну відстань r_0 , де $r_0 = 1, 2, 3 \dots N$. В принципі, будь-яке фізичне поле може поширюватися на нескінченність, але його величина зменшується обернено пропорційно віддаленню. На значній відстані величина

цього поля практично зведеться до нуля. Припустимо, що збурення передається електромагнітним полем, яке може поширюватися зі швидкістю світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Тоді збурення близького атома (час перехідного процесу) дійде за

час $t_{\text{пер}} = \frac{r_0}{c} = \frac{2,845 \cdot 10^{-10}}{3 \cdot 10^8} \approx 10^{-18}$ с, а для того, щоб атом пройшов цю відстань, при

максимальній силі взаємодії, йому знадобиться час

$$t = \sqrt{\frac{2r_0 \cdot m}{2a\varepsilon}} = \sqrt{\frac{2,845 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-23}}{1,34 \cdot 10^{10} \cdot 0,668 \cdot 10^{-19}}} = \sqrt{3,14 \cdot 10^{-30}} = 1,46 \cdot 10^{-15} \text{ с}.$$

Для зрозуміння цих протиріч необхідно враховувати, що міжатомний простір, або вакуум, містить поле віртуальних частинок з електричним зарядом, віртуальною масою і енергією при температурі абсолютного нуля ($T = 0$ К). Це поле підживлює енергією електромагнітні та гравітаційні хвилі під час їх поширення в цьому просторі.

Віртуальні частинки не можуть з'являтися в будь-якій точці простору до того моменту, поки флуктуація енергії ΔW не досягне певного порогового значення за певний проміжок часу Δt . Це означає, що час народження будь-якої віртуальної частинки повинен бути більшим за Δt .

Таким чином, в статті вводиться концепція віртуальності, яка пояснює, що ці частинки існують у вигляді флуктуацій енергії вакууму, що підтримують електромагнітні та гравітаційні поля в цьому просторі.

Згідно з Ейнштейном, сплеск енергії в даній точці простору може породити частинку з масою $m = \frac{\Delta W}{c^2} = \frac{h}{\Delta t \cdot c^2} = 0,669 \cdot 10^{-40} \cdot \Delta t^{-1}$. Проте ця маса є віртуальною в проміжку часу $t = 0 + \Delta t$. Якщо за цей проміжок часу флуктуація енергії ΔW звернеться до нуля, дана маса зникне, не встигнувши з'явитися. Подібне відбувається при народженні фотонів і фононів [2]. Слід зазначити, що фонони і фотони є суттю одного і того ж фізичного явища. У квантовій фізиці за допомогою фононів пояснюється поняття теплоємності, а за допомогою фотонів явище теплового випромінювання. Враховуючи те, що теплоємність є функцією температури $c = f(T)$, тоді і енергія фононів повинна залежати від температури.

Якщо прийняти за квант теплової енергії фонона енергію $\varepsilon_{\phi_n} = k_B \cdot T$, де k_B – постійна Больцмана. З цього випливає, що число фононів пропорційне температурі T . Тоді кількість фононів в тепловому випромінюванні, при даній частоті ω_i та $T = \text{const}$ буде

$$N_{\phi_{n_i}} = \frac{\varepsilon(\omega_i, T)}{k_B \cdot T}, \quad (1)$$

з іншого боку число фотонів частотою ω_i буде

$$N_{\phi_{n_i}} = \frac{\varepsilon(\omega_i, T)}{h\omega_i} \quad (2)$$

Згідно з теорією Планка, енергія всіх фотонів, що беруть участь в тепловому випромінюванні, при температурі $T = 1$ К, буде

$$\int_0^\infty \varepsilon(\omega, T) d\omega = 1,67 \cdot \varepsilon_{\max}(\omega_{\max}, T) \cdot \omega_{\max}(T), \quad (3)$$

де $\varepsilon_{\max}(\omega_{\max}, T)$ і $\omega_{\max}(T)$ - функції температури [3].

Враховуючи квантову теорію, число фотонів у фононі частотою ω_i , буде

$$\begin{aligned} \frac{N_{\phi_n}(\omega_i)}{N_{\phi_m}(\omega_i)} &= \frac{\varepsilon(\omega_i, T) \varepsilon_{\max}(T) \hbar \omega_i \omega_{\max}(T)}{k_B T \varepsilon(\omega_i, T) \varepsilon_{\max}(T)} = \frac{\hbar \omega_i \omega_{\max}(T)}{k_B T} = \\ &= \frac{\hbar \omega_i \cdot 3,706 \cdot 10^{11} T}{k_B T} = \frac{\hbar \omega_i \cdot 3,706 \cdot 10^{11}}{k_B} = \frac{1,02 \cdot 10^{-34} \cdot 3,706 \cdot 10^{11}}{1,38 \cdot 10^{-23}} = 2,64 \omega_i \end{aligned} \quad (4)$$

З чого випливає, що фонони і фотони є суттю електромагнітного поля. Тоді не зрозуміло, чому фонони відповідають за теплоємність і теплопровідність, а фотони відповідають за спектр випромінювання електромагнітної енергії. З виразу (4) випливає, що в одному фононі частот ω_i міститься від 0 до $2,64 \omega_i$, де $\omega_{\phi} \approx 10$, тобто порядку кількох десятків.

Однак, якщо за квант енергії фонона прийняти енергію теплового випромінювання, відповідного температурі $T = 1$ К, тоді фонони не будуть залежати від частоти ω_i

$$\varepsilon_{\kappa\phi n}^0 = \int_0^\infty \varepsilon^0(\omega, T) d\omega^0 = (e^x - 1) \frac{\pi^4}{15x^4} \quad (5)$$

$$\text{де } \varepsilon^0(\omega, T) = \omega^0 \frac{e^u - 1}{e^{u\omega} - 1}, \text{ а } x = 2,83.$$

З виразу (5) видно, що у безрозмірному вигляді $\varepsilon_{\kappa\phi n}^0$ не залежить від температури, тому що $x = \text{const}$.

Тоді фонони не залежать від частоти коливань фотонів, а їх кількість пропорційна четвертому ступеню температури

$$N_{\phi n}(T_j) = \frac{\int_0^\infty \varepsilon^0(\omega, T) d\omega^0}{\int_0^\infty \varepsilon^0(\omega, 1) d\omega^0} = \frac{M(\omega, T)}{M(\omega, 1)} = \frac{1,69 \cdot 10^{-6} \cdot T^4}{1,69 \cdot 10^{-6} \cdot 1^4} = \frac{T^4}{1} = T^4. \quad (6)$$

Виходить, що фонони і фотони мають одну і ту ж частоту ω_i і при цій частоті співвідношення фононів і фотонів залежить від постійної і частоти ω_i . І відрізняються всього на один порядок 26,4, при $\omega_\infty^0 \approx 10$. Це наводить на думку, що ці поняття є суттю одного і того ж фізичного явища і природи.

Якщо за квант фонона прийняти енергію теплового випромінювання при температурі $T = 1 \text{ К}$

$$\varepsilon_{\kappa\phi n}^0 = \int_0^\infty \varepsilon^0(\omega, T) d\omega^0 = (e^{2,83} - 1) \frac{\pi^4}{15 \cdot (2,83)^4}.$$

Тоді фонони не будуть залежати від частоти коливань фотонів, а їх кількість буде пропорційна четвертому ступеню $\frac{T^4}{1\text{К}}$, і тоді в одному фононі буде міститися кількість фотонів частотою ω_i пропорційних $\text{const}(\omega_i) \cdot T^2$, тобто квадрату температури і має дотримуватися r речовини.

Отримані результати відповідають основним положенням квантової теорії теплового випромінювання. Запропонована методика дозволяє встановити зв'язок між квантами, які відповідають за перенесення теплової енергії при теплопровідності, та фізичним поняттям теплоємності тіла в структурній одиниці. Цей зв'язок в свою чергу допомагає розуміти природу фізичних явищ у

вивченні твердих тіл. Подальші дослідження в цьому напрямку є важливими для розширення нашого розуміння фізичних властивостей матеріалів і розвитку нових технологій на основі наноматеріалів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фізика твердого тіла / М. Курик, В. Цмоць. – К.: Вища шк., 1985.-343 с.
2. Мочалов А. А. Анализ взаимосвязи фотонов и фононов / А. А. Мочалов, Н. А. Шаповал, Т. А. Ткаченко, Е. П. Бойко // ScieneseRise научный журнал Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. – Харків, 2017. – № 5/2 (34). – С. 45-49.
3. Загальний курс фізики: У 3 т./За ред.. І.М. Кучерука. – 2-ге вид., випр. Т.3: Оптика. Квантова фізика – К.: Техніка, 2006. – 518 с.