



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. ТОРАЙҒЫРОВА

**ЖАС ҒАЛЫМДАР,
МАГИСТРАНТТАР, СТУДЕНТТЕР
МЕН МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ
«ХVІ СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРААЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ,
СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ
«ХVІ САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

Том 23

**Павлодар
2016**

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ С. ТОРАЙҒЫРОВА

ЖАС ҒАЛЫМДАР, МАГИСТРАНТТАР,
СТУДЕНТТЕР МЕН МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ
«ХVІ СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, МАГИСТРАНТОВ,
СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ
«ХVІ САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

ТОМ 23

ПАВЛОДАР
2016

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВУМЕРНОГО ГРАФЕНА

ДАВЛЕТОВ А. Е.

д.ф.-м.н., профессор, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы

МОМЫНОВ С. Б., КИСАН А.

преподаватель, КазНУ имени аль-Фараби г. Алматы

Известно, что графен представляет собой истинно двумерный кристалл, в котором электроны локализованы в одной плоскости. Все многообразие его химических и физических свойств определяется как кристаллической структурой, так и р-электронами атомов углерода, составляющих графен [1, 2]. В настоящее время графен широко изучается во многих исследовательских лабораториях, что прежде всего связано с простотой его изготовления путем, главным образом, механического расщепления кристаллов графита. Первые же исследования показали, что графен проявляет такие уникальные свойства, как высокая проводимость и теплопроводность, а также механическая прочность [3, 4].

Возможные применения графена весьма широки. Так, графен можно использовать для конструирования баллистических транзисторов [5, 6]. В частности, уже в 2006 году в технологическом институте Джорджии был произведен первый полевой транзистор на графене, а также построен квантово-интерференционный прибор. Это может привести к созданию новой отрасли – графеновой нанoeлектроники с базовой толщиной транзисторов до 10 нм. Недостатком данного транзистора является то, что он обладает достаточно большим током утечки, а это приводит к тому, что трудно разделить два состояния с закрытым и открытым каналами. Считается, что решить эту проблему не удастся из-за отсутствия запрещенной зоны в графене, поскольку нельзя добиться существенной разности в сопротивлении при любых приложенных к затвору напряжениях. Однако, можно попытаться создать запрещенную зону достаточной ширины при рабочей температуре искусственно, чтобы термически возбужденные носители давали малый вклад в проводимость. Для этого используют тонкие полоски графена с шириной, необходимой для появления квантово-размерного эффекта, так чтобы ширина запрещенной зоны была достаточной для перехода графена в диэлектрическое состояние. Очень большая подвижность электронов на поверхности графена гарантирует высокое быстроедействие подобного транзистора.

Известно, что кристаллическая решетка графена является плоскостью, которая состоит из шестиугольных гексагональных ячеек, а обратная ей решётка также является гексагональной. Элементарная ячейка графена содержит два атома, так что свойства кристалла не зависят от точек наблюдения, расположенных в эквивалентных узлах графена. Зонная структура графена может быть рассчитана в приближении сильно связанных электронов, так как внешняя оболочка атома углерода содержит четыре электрона, три из которых образуют связи с соседними атомами в двумерной гексагональной решетке, а оставшийся электрон находится в $2p$ -состоянии, который и ответствен за образование энергетических зон графена. Все это приводит к тому, что энергетический спектр электронов, а также дырок, вблизи дираковских точек является линейным. Известно что подобной зависимостью обладают фотоны, поэтому квазичастицы в графене (электроны и дырки) обладают нулевой эффективной массой, а скорость Ферми играет роль «эффективной» скорости света. Так как электроны и дырки являются фермионами, то их поведение можно описать уравнением Дирака с нулевой массой частиц и античастиц, как это обычно делается для безмассовых нейтрино.

Электродинамические свойства графена, двумерной решетки атомов углерода, характеризуются поверхностной проводимостью σ_g , которая может быть определена в рамках формализма Кубо. При отсутствии магнитостатического внешнего поля и пренебрежением пространственной дисперсией графена, поверхностная проводимость определяется как скалярная функция частоты ω , химического потенциала μ (который определяется либо приложенным электростатическим внешним напряжением или химическим легированием), феноменологической скорости рассеяния Γ (или времени релаксации $\tau = 1/(2\Gamma)$), и температуры T :

$$\sigma_g(\omega, \mu, \Gamma, T) = -\frac{ie^2(\omega+i2\Gamma)}{\pi\hbar} \left[\frac{1}{(\omega+i2\Gamma)^2} \int_0^\infty \varepsilon \left(\frac{\partial f_d(x)}{\partial x} - \frac{\partial f_d(-x)}{\partial x} \right) dx - \int_0^\infty \left(\frac{\partial f_d(-x) - \partial f_d(x)}{(\omega+i2\Gamma)^2 - 4\left(\frac{x}{\hbar}\right)^2} \right) dx \right]. \quad (1)$$

Здесь ε – энергия, \hbar – постоянная Планка, e – заряд электрона, k_B – постоянная Больцмана, $f_d(\varepsilon) = \left(\exp\left(\frac{\varepsilon - \mu}{k_B T}\right) + 1 \right)^{-1}$ – функция распределение частиц в статистике Ферми-Дирака.

Введем следующие переменные в безразмерном виде:
 $\mu_c^* = \frac{\mu_c}{k_B \Gamma}, \varepsilon^* = \frac{\varepsilon}{k_B \Gamma}, \omega^* = \frac{\hbar \omega}{k_B \Gamma}, \Gamma^* = \frac{\hbar \Gamma}{k_B \Gamma}$, тогда формулу (1)

можно представить так:

$$\sigma_g(\omega^*, \mu_c^*, \Gamma^*) = -\frac{ie^2(\omega^* + i2\Gamma^*)}{\pi \hbar}$$

$$\left[\frac{1}{(\omega^* + i2\Gamma^*)^2} \int_0^\infty \varepsilon^* \left(\frac{\partial f_d(\varepsilon^*)}{\partial \varepsilon^*} - \frac{\partial f_d(-\varepsilon^*)}{\partial \varepsilon^*} \right) d\varepsilon^* - \int_0^\infty \left(\frac{\partial f_d(-\varepsilon^*) - \partial f_d(\varepsilon^*)}{(\omega^* + i2\Gamma^*)^2 - 4(\varepsilon^*)^2} \right) d\varepsilon^* \right] \quad (2)$$

Для удобства вычислений обе стороны уравнения поделим на $\frac{\pi \hbar}{\omega^2}$ и получим:

$$\tilde{\sigma}_g(\omega^*, \mu_c^*, \Gamma^*) = -i(\omega^* + i2\Gamma^*)$$

$$\left[\frac{1}{(\omega^* + i2\Gamma^*)^2} \int_0^\infty \varepsilon^* \left(\frac{\partial f_d(\varepsilon^*)}{\partial \varepsilon^*} - \frac{\partial f_d(-\varepsilon^*)}{\partial \varepsilon^*} \right) d\varepsilon^* - \int_0^\infty \left(\frac{\partial f_d(-\varepsilon^*) - \partial f_d(\varepsilon^*)}{(\omega^* + i2\Gamma^*)^2 - 4(\varepsilon^*)^2} \right) d\varepsilon^* \right] \quad (3)$$

Рассмотрим случай однослойного графена, окруженного диэлектриками с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 . Пусть в точке $z = 0$ оптическая проводимость равна σ . Будем предполагать, что свет распространяется в плоскости Z и может иметь s и p поляризацию. Тогда коэффициенты преломления T , отражения R и абсорбция A в полной аналогии с теорией Френеля принимают вид:

$$R_s = \frac{|\sqrt{\varepsilon_2} \cos \theta_1 - \sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_2 - \sigma|^2}{|\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_1 + \sqrt{\varepsilon_2} \cos \theta_2 + \sigma|^2}, \quad (4)$$

$$R_p = \frac{\left| \frac{\sqrt{\varepsilon_2} \cos \theta_1}{\cos \theta_1} - \frac{\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_2}{\cos \theta_2} + \sigma \right|^2}{\left| \frac{\sqrt{\varepsilon_2} \cos \theta_1}{\cos \theta_1} + \frac{\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_2}{\cos \theta_2} + \sigma \right|^2}, \quad (5)$$

$$T_s = \frac{4\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2} \cos \theta_1 \cos \theta_2}{|\sqrt{\varepsilon_2} \cos \theta_1 + \sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_2 + \sigma|^2}, \quad (6)$$

$$T_p = \frac{4\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2}}{\cos\theta_1 \cos\theta_2} \frac{1}{\left| \frac{\sqrt{\varepsilon_1}}{\cos\theta_1} + \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{\cos\theta_2} + \sigma \right|^2}, \quad (7)$$

$$A = 1 - R - T. \quad (8)$$

Для сравнения полученные результаты с поверхностной проводимостью (1) сравниваются с работой [7], в которой использовалось следующее выражение для проводимости графена:

$$\frac{\sigma(\Omega)}{\varepsilon_0 c} = 4\alpha \frac{i}{\Omega} + \pi\alpha \left[\vartheta(\Omega - 2) + \frac{i}{2} \ln \left[\frac{\Omega - 2}{\Omega + 2} \right] \right], \quad (9)$$

где $\Omega \equiv \frac{\hbar\omega}{\varepsilon^2}$ является безразмерной частотой, $\alpha \equiv \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 \hbar c} \sim \left(\frac{1}{137} \right)$ – постоянная тонкой структуры,

$\vartheta(x)$ – функция Хевисайда.

На рисунках 1 и 2 приведены графики коэффициентов отражения и прохождения электромагнитной волны через слой графена, взятые из работы [7]. Однако в ней не была учтена возможность полного внутреннего отражения, следующего из закона преломления Снеллиуса. На рисунках 3 и 4 представлены те же зависимости с учетом полного внутреннего отражения.



Рисунок 1 – Коэффициенты отражения и прохождения через слой графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$,

$\varepsilon_1 = 2.25$, $\varepsilon_2 = 1$. Красная штриховая линия –

$R_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, синяя штриховая линия –

$R_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, серая линия – $T_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, черная

линия – $-T_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$. Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

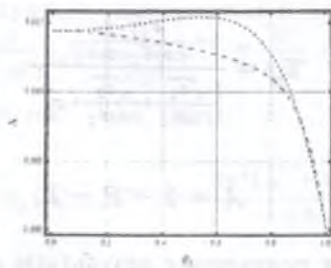


Рисунок 2 – Коэффициенты поглощения в слое графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2 = 2.25$. Красная штриховая линия - $A_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, синяя штриховая линия - $A_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$. Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

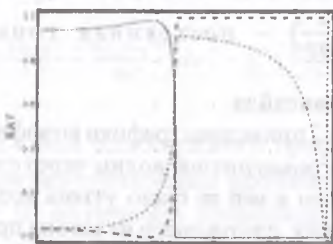


Рисунок 3 – Коэффициенты отражения и прохождения через слой графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 2.25$, $\varepsilon_2 = 1$. Красная штриховая линия - $R_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, синяя штриховая линия - $R_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, серая линия - $T_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, зеленая линия - $T_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$. Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

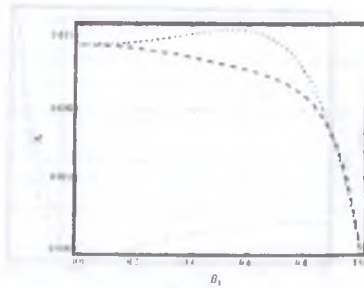


Рисунок 4 – Коэффициенты поглощения в слое графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2 = 2.25$. Красная штриховая линия - $A_2(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$, синяя штриховая линия - $A_{\text{гр}}(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$. Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

В работе [7] использовалась приближенная формула (9) для поверхностной проводимости графена. На рисунках 5-8 проведено сравнение результатов работы [7] с вычислениями коэффициентов преломления T и отражения R графена с учетом более точной формулы (1).

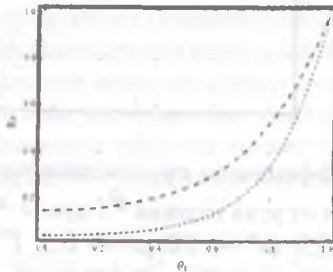


Рисунок 5 – Коэффициенты отражения графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2 = 2.25$, $\omega^* = 10$, $\mu^* = 0.1$, $\Gamma^* = 0.43$. Красная штриховая линия - $R_s(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$ [7], синяя штриховая линия - $\tilde{R}_s(\omega^*, \mu_c^*, \Gamma^*, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$. Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

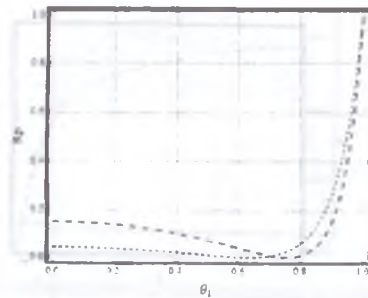


Рисунок 6 – Коэффициенты отражения графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$,

$$\varepsilon_2 = 2.25, \omega^* = 10, \mu^* = 0.1, \Gamma^* = 0.43.$$

Красная штриховая линия - $R_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$ [7], синяя штриховая линия - $\tilde{R}_p(\omega^*, \mu_c^*, \Gamma^*, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$.

Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

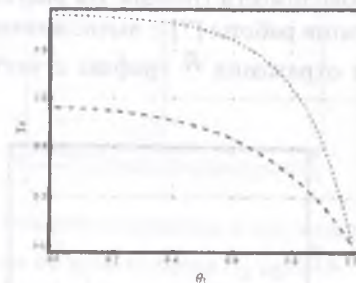


Рисунок 7 – Коэффициенты прохождения через слой графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$,

$$\varepsilon_2 = 2.25, \omega^* = 10, \mu^* = 0.1, \Gamma^* = 0.43.$$

Красная штриховая линия - $T_x(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$ [7], синяя штриховая линия - $\tilde{T}_x(\omega^*, \mu_c^*, \Gamma^*, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$.

Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

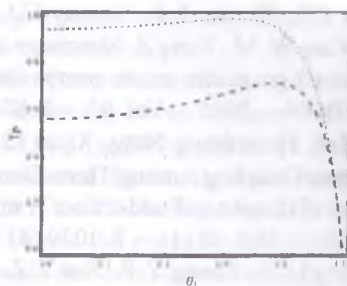


Рисунок 8 – Коэффициенты прохождения через слой графена в зависимости от угла падения θ_1 при $\Omega = 4$, $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2 = 2.25$, $\omega^* = 10$, $\mu^* = 0.1$, $\Gamma^* = 0.43$.

Красная штриховая линия - $T_p(\Omega, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$ [7], синяя штриховая линия - $\bar{T}_p(\omega^*, \mu^*, \Gamma^*, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \theta_1)$.

Падающий угол нормирован на $\frac{\pi}{2}$.

Заключение. На основании проведённых расчетов можно заключить, что при расчете оптических свойств графена необходимо учитывать полное внутреннее отражение электромагнитной волны от границы двух диэлектриков. Использование более точной формулы для поверхностной проводимости графена приводит к существенному уменьшению коэффициента прохождения для всех возможных углов падения электромагнитной волны на границу между диэлектриками. Аналогично ведет себя коэффициент отражения, однако, при определенных параметрах системы может наблюдаться и его уменьшение при сравнении с модельным выражением (9).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Lagrange P., Fauchard M., Cahen S., Herold C. Exhaustive inventory of 2D unit cells commensurate with honeycomb graphene structure // CARBON. – 2015. – Vol. 94. – P. 919-927.
- 2 Schmucker S.W., Cress C.D., Culbertson J.C., Beeman J.W., Dubon O.D., Robinson J.T. Raman signature of defected twisted bilayer grapheme // CARBON. – 2015. – Vol. 93. – P. 250-257.
- 3 Wegrzyn M., Ortega A., Benedito A., Gimenez E. Thermal and electrical conductivity of melt mixed polycarbonate hybrid composites co-filled with multi-walled carbon nanotubes and graphene nanoplatelets // Journal of applied polymer science. – 2015. – Vol. 132(37) – P. 42536 (8).

4 Feng C.F., Yi Z.F., Dumez L.F., Garvey C.J., She F.H., Lin B., Lucas S., Schutz J., Gao W. M., Peng Z. Shrinkage induced stretchable micro-wrinkled reduced graphene oxide composite with recoverable conductivity // CARBON. – 2015. – Vol. 93. – P. 878-886.

5 Ling-Feng Mao, Huansheng Ning, Xijun Li Effects of Energy Relaxation via Quantum Coupling Among Three-Dimensional Motion on the Tunneling Current of Graphene Field-Effect Transistors // Nanoscale research letters. – 2015. – Vol. 10 (1). – P. 1039 (8)

6 Zhang J., Huang L. H., Zhang Y. P., Xue Y. Z., Zhang E. P., Wang H. B., Kong Z., Xi J. H., Ji G.Z. Controlled synthesis of graphene nanoribbons for field effect transistors // JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS. – 2015. – Vol. 649. – P. 933-938.

7 Tianrong Zhan, Xi Shi, Yunyun Dai, Xiaohan Liu, Jain Zi. Transfer matrix method for optics in graphene layers. arXiv:1212.57v1

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ

МУКАШЕВ К. М.

д.ф.-м.н., Казахский национальный университет
имени Аль-Фараби, г. Алматы

ИПЬЯСОВ Н. И.

проф., Казахский государственный женский
педагогический университет, г. Алматы

ШОЙЫНБАЕВА Г. Т.

ст. преп., Казахский национальный
педагогический университет им. Абая, г. Алматы

Құрамында 7,0; 9,0; 14,0; 21,0; 30,0 и 40,0 ат.% Си қоспасы бар Ni-Cu қорытпалары аннигиляция фоғондарының бұрыштық корреляция спектрін өлшеу арқылы зерттеуден өткізілді. Қорытпа үлгілері бастапқы күйдірілген күйден энергиясы 2,5 МэВ электрондармен 1019 см⁻² флюенске дейін сәулелендірілген. Нәтижесінде позитрондардың еркін және байланысқан электрондармен әсерлесуі барысында туындайтын материалдардың құрылымдық параметрлері анықталды. Құрылымдық параметрлердің радиациялық әсерден кейінгі қорытпалардың құрамына байланысты өзгеру заңдылықтары зерделенді. Эксперимент нәтижесі күрделі тәуелділік арқылы суреттеледі. Бұл заңдылықтың радиациялық ақаулар кеңістігінде орын алатын жақын аралық құрылымдық өзгерістерге тәуелді екендігі дәлелденеді.

Булева М. В. Эмоциональная компетентность педагога в основе здоровьесберегающих технологий в работе с детьми	141
Жагловская А. А., Айдосова С. С. Модели определения возраста <i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw. по таксационным показателям	147
Жумагулова С. Т. Қашықтықтан оқыту технологиясы	153
Ишмуратова М. Ю., Тлукенова С. У., Додонова А. Ш., Гаврилькова Е. А., Сугиралина А. К изучению онтогенеза ириса кровависто-красного в условиях Центрального Казахстана	156
Карипбаева Ш. Т. Биология сабағында ойын элементтері арқылы оқушылардың есте сақтау қабілеттерін дамыту	160
Койлыбаева А. Т. Биология сабақтарында СТО технологиясы оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттырудың құралы ретінде	166
Конкабаева А. Е., Ишмуратова М. Ю., Пудов А. М., Тыржанова С. С., Сағындық А. Оценка накопления тяжелых металлов в овощных и плодовых растениях, выращиваемых в окрестностях промышленных городов Карагандинской области	170
Кошедова А. И. Зачем нужна биология в школе?	175
Кошегулова Б. Б., Карашашева Д. Б. Развитие дивергентного мышления на уроках биологии	181
Куватов А. Ж., Дюсенбаева А. Ж. Дәл тәрбиесіне қажетті спорттық құрал-жабдықтар	184
Кудиярова А. Б. Табиғатты қорғау – адамзат парызы	190
Машенова Ж. Қ. Жас еспірімдердің қарым-қатынасы	197
Молдатаева Б. Н. Ақтоғай ауданының үй жануарларының тоғышар күрттарын анықтау	202
Патрина Е. П. Особенности распространения и экологии архара (<i>Ovis ammon</i>) на территории Казахского мелкосопочника	205
Самархан А. Жасушадағы маңызды биополимерлер. Нуклеин қышқылы және нәруыз биосинтезі	211
Сейсенбаева Р. Б. Биология сабақтарына жеті модуль идеясын енгізу арқылы оқушылардың танымдық белсенділіктерін арттыру	216

Сергазиева З. М., Ержанов Н. Т. Современные методы оценки качества окружающей среды с использованием млекопитающих в качестве биоиндикаторов	219
Тілеулі А. М. «Cichorium L.» өсімдігінің жер асты бөлігіне сандық сараптама жүргізу	225
8.4 Физика	
8.4 Физика	
Авдолхан А., Таукенова А. С. Проведения внеаудиторных мероприятий по ядерной и радиационной безопасности	229
Алиева М. Е. Электр және магнит өрістерінің заряд тасымалдаушы бөлшекке әсерін талдау	237
Алмагамбетова А. А., Жұмабай Н. Ж., Каналхан Ә. Ф. 7 сыныптың физика курсында «Жай механизмдер» тақырыбына техникалық мазмұндағы есептерді шығарудың әдістемесі	245
Аментаева Г. К. «Талантты және дарынды балаларды оқыту» модулін физика пәніне енгізудің тиімді жолдары	249
Бекбаев С. М., Паттаев А. М. Жеңіл ядролардың экспериментальді дифференциальды кимасын теориялық мәліметтермен салыстыру	254
Вишенкова Ю. А., Тлукенов С. К., Досанов Т. С. Уравнения индикатрис скоростей электромагнитных волн в пьезомагнитных средах классов 222, mm2, mmm	261
Дайкенова А. Е. Структура систем автоматизации технологических процессов и производств	266
Есетова Б. Б., Ержанов К. К. Модель темной энергии в F(T) гравитации с членом Янга-Миллса	271
Жумабаева Г. М., Жукенов М. К., Досанов Т. С. Индикатрисы скоростей распространения электромагнитных волн в магнитоэлектрических средах гексагональной сингонии классов 622, 6mm, 6m2, 6mmm	275
Жумабаева С. Б., Мукият С. Геомагнитті белсенділіктің классикалық индекстері	279
Жусупова А. Б. Физика пәнінде кездесетін шет тіл акронимдарын аударудың маңыздылығы	283

Қожахмет М. С., Тұрсынбек А. Физикалық есептерді шығаруда оқушылардың кәсіби құзыреттілігін арттырудың маңыздылығы.....	290
Давлетов А. Е., Момынов С. Б., Кисан А. Оптические свойства двумерного графена	296
Мукашев К. М., Ильясов Н. И., Шойынбаева Г. Т. Структурные характеристики медно-никелевых сплавов, облученных электронами.....	304
Нургожина М. М., Испулов Н. А. О применении аппаратной платформы Arduino в учебном процессе	312
Садыкова Б. С., Жабағы Е. Физикадан оқушылардың қабілетін дамытуда зертханалық жұмыстарды ұйымдастырудың маңыздылығы	316
Сатимова А. С. Дыбыс әлемі.....	320
Испулов Н. А., Султанова М. Ж. Микроконтроллерлер туралы жалпы түсінік және олардың бағдарламалау тілдері.....	328
Тәшібаева К. Е. Кембридж бағдарламасы бойынша жаңа технология іс-жүзінде (орта және қысқа мерзімді жоспар).....	334
Успанова В. Ж., Әбілдаев Ғ. М. Физикалық білім беру мазмұнының сапасын арттыруда жаңа ақпараттық технологиялардың маңызы	341
Шухаев М. Е Дискретное преобразование Фурье	346

**ЖАС ҒАЛЫМДАР, МАГИСТРАНТТАР,
СТУДЕНТТЕР МЕН МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ
«ХVI СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

23 ТОМ

Техникалық редактор Б. В. Нургожина
Корректорлар: З. С. Исақова, А. Р. Омарова
Компьютерде беттеген М. Б. Каснова
Басуға 06.04.2016 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім 29,7 × 42¹/₄. Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 20,4. Таралымы 500 дана.
Тапсырыс № 2757

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.