

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР

КНЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМЕНИ А. М. ГОРЬКОГО

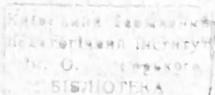
53(07)

М. Г. ЛЕВИНСКАЯ

ФОРМИРОВАНИЕ СВЕДЕНИЙ
ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦАХ
И ИХ СВОЙСТВАХ В КУРСЕ ФИЗИКИ
СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

(13.731 — методика преподавания физики)

(Диссертация выполнена на украинском языке)



А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Киев — 1972

Работа выполнялась в отделе методики физики Научно-исследовательского института педагогики Украинской ССР.

Научный руководитель — кандидат педагогических наук **С. У. Гончаренко**.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

член-корреспондент АН УССР, доктор физико-математических наук, профессор **И. Р. Юхновский**;

кандидат педагогических наук **П. Н. Воловик**.

Оппонирующая организация — кафедра физики Луцкого педагогического института имени Леси Украинки.

Авгореферат разослан «14» мая 1972 года.

Защита диссертации назначена на « » 1972 года на заседании Ученого совета Киевского государственного педагогического института имени А. М. Горького (Киев-30, ул. Пирогова, 9).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского пединститута.

Ученый секретарь совета

Научно-технический прогресс, происходящий в настоящее время в нашей стране, ставит перед обществом новые задачи в деле подготовки молодого поколения к жизни, к практической деятельности.

В решениях XXIV съезда КПСС подчеркивается, что в условиях научно-технической революции, как никогда, возрастает роль школы, которая должна обеспечить всестороннее развитие подрастающего поколения, воспитать достойных строителей коммунизма. Исходя из ведущей роли физики в определении дальнейших перспектив прогресса науки и техники, в настоящее время выдвигаются повышенные требования как к содержанию школьного курса физики, так и к методам его изучения.

Одной из основных проблем современной физики является учение о строении материи и ее свойствах. Для понимания свойств вещества (электрических, магнитных), для понимания сущности многих физических явлений (например, намагничивание пара-, диа- и ферромагнетиков, излучение и поглощение света веществом, явление фотоэффекта, радиоактивность и превращение одних элементов в другие), необходимо знать не только атомно-молекулярное строение вещества в целом, но и закономерности, определяющие свойства отдельных атомов и молекул.

Таким образом, для правильного раскрытия физических свойств тел и физических процессов, необходимо исходить из рассмотрения микропроцессов или, как принято говорить, из свойств «элементарных частиц», принимающих участие в этих микропроцессах.

Физика элементарных частиц наряду с квантовой теорией и теорией относительности является фундаментальной в учении о современной картине мира и рассматривает актуальные вопросы, стоящие перед наукой физикой в наши дни. На основе учения об элементарных частицах атомная физика

обогадилась новыми открытиями, имеющими практическое значение в данное время и большие перспективы в будущем. На его основе осуществляется искусственное превращение элементов, разработаны пути получения ядерной и термоядерной энергии, построены ускорители частиц высоких энергий.

За последние десятилетия открыто ряд новых частиц и античастиц, доказана взаимопревращаемость элементарных частиц.

Значимость учения о микромире и его закономерностях в современной науке обуславливает необходимость ознакомления с основными положениями об элементарных частицах и их свойствах учащихся средней школы, поскольку такое ознакомление имеет большое познавательное, воспитательное и практическое значение. На примерах развития знаний об элементарных частицах учащиеся убеждаются в познаваемости мира; при изучении превращения электронно-позитронной пары в гамма-кванты и обратного учащиеся получают представление о материальном единстве двух видов материи — вещества и поля; при рассмотрении β -радиоактивности, изучении магнитных свойств атомов перед учащимися раскрывается причинная связь между явлениями микро- и макромира; при ознакомлении с конкретными законами сохранения можно показать учащимся неуничтожаемость материи и движения, познаваемость объективного мира и практическое применение познанных объективных законов природы для дальнейших открытий.

Исследование возможных путей ознакомления учащихся с учением о микромире является очень актуальным вопросом. Об этом свидетельствуют проведенные в последнее время исследования В. Е. Кулакова, И. Г. Пустельник, Н. А. Родиной, Л. А. Ранской, Г. И. Крамарчук, посвященные методике изучения в курсе средней школы отдельных вопросов физики микромира, а также стремление многих учителей дать учащимся более глубокие знания о закономерностях микромира.

Однако результаты исследования, проведенного нами в школах Тернопольской, Волинской областей и г. Киева, 14-летний опыт проведения вступительных экзаменов в Кременецкий пединститут показали, что знания учащихся о природе свойств (магнитных, электрических, радиоактивных) в зна-

чительной мере не соответствуют современным научным представлениям.

Выпускники школ имеют ограниченные представления об элементарных частицах, недостаточно ознакомлены с закономерностями микромира, отдельные учащиеся механически переносят свойства макротел на микрочастицы.

Анализ уровня знаний учащихся привел нас к выводу, что причиной этого (наряду с другими) является то, что:

1. При изучении многих физических явлений и свойств тел недостаточно вскрывается природа этих явлений и свойств, а в ряде случаев объяснение ведется с устарелых позиций, которые не отвечают современным научным взглядам;

2. В учебниках и пособиях недостаточное внимание уделяется правильному использованию терминологии;

3. В учебниках по курсу химии и по курсу физики нет согласованности в раскрытии содержания понятий, например, в курсе химии масса — «количество вещества», электрон — «наименьшая порция электричества»;

4. В преподавании школьного курса физики очень мало внимания уделяется ознакомлению учащихся с основными свойствами частиц, которые определяют свойства материи в конкретных ее формах, не уделяется внимания показу того, что с переходом от макроявлений к микроявлениям проявляются качественно новые закономерности.

Таким образом, наличие ряда выполненных исследований проблемы изучения вопросов микромира в курсе физики средней школы свидетельствует о ее многогранности. Анализ практики ознакомления учащихся со сведениями о микромире в школах республики показал необходимость проведения дальнейших исследований в данном направлении, в частности по определению возможного объема учебного материала и методов его изучения.

1. Задачи и методы исследования

В диссертации сделана попытка отобрать ряд таких понятий физики микромира, которые составляли бы определенную систему, необходимую для изучения в основном курсе физики средней школы. Данная система должна содействовать: 1) формированию общего представления учащихся о путях развития современной физической науки и ее методах; 2) развитию логического мышления и овладению диалектическим методом, дающим возможность самостоятельно приобретать

знания на основе имеющихся понятий; 3) формированию материалистических взглядов учащихся на современную физическую картину мира, а именно раскрытию:

а) причинно-следственных связей микро- и макроявлений;
б) общности свойств двух видов материи — вещества и поля их взаимосвязи;

в) неунничтожаемости фундаментальных свойств материальных объектов, которая является выражением неунничтожаемости материи;

г) проявления качественно новых законов природы с переходом от макропроцессов к микропроцессам;

д) познаваемости объективных законов и использования их для дальнейшего познания природы.

Среди предлагаемых нами понятий есть такие, которые формировались у учащихся и ранее, но методика их формирования еще неудовлетворительна и есть новые, формирование которых не предвиделось действующей программой.

В данном исследовании мы исходили из того, что разработанная нами система понятий об элементарных частицах и их свойствах и методика их формирования должны обеспечить:

1) Повышение научного уровня изучения основных тем курса физики за счет использования сведений об элементарных частицах.

2) Сознательное и глубокое усвоение учащимися знаний об элементарных частицах, их свойствах и закономерностях микромира.

3) Формирование диалектико-материалистического мировоззрения учащихся.

4) Развитие их логического мышления.

В исследовании ставились следующие задачи:

1. Проанализировать содержание понятий физики микромира с точки зрения современного состояния науки.

2. Вскрыть основные причины недостатков в знаниях учащихся по вопросам микромира.

3. Выяснить, какие понятия физики микромира (об элементарных частицах и их свойствах) необходимо ввести в курс физики средней школы.

4. Содержание каких понятий, предусмотренных действующей программой, нужно расширить.

5. Исследовать, где в курсе физики целесообразно введение новых понятий (спин, магнитный момент, волна де-Бройля и т. д.).

6. Составить программу формирования системы понятий в школьном курсе.

7. Отобрать объем и содержание учебного материала для формирования понятий микромира.

8. Разработать методику формирования всей системы понятий.

9. Разработать систему демонстрационного эксперимента и практических работ по теме.

10. Экспериментально проверить доступность для учащихся предлагаемого содержания материала и эффективность разработанного варианта методики.

В процессе исследования были использованы следующие методы:

а) изучение по данной проблеме литературы научной, психолого-педагогической и учебно-методической, изданной в Советском Союзе и за рубежом;

б) проведение наблюдений на уроках, во время выпускных экзаменов в школах Тернопольской области и г. Киева, на вступительных экзаменах в Кременецкий пединститут;

в) осуществление констатирующего эксперимента в школах г. Киева, Тернопольской и Волынской областей;

г) осуществление обучающего педагогического эксперимента в школах г. Киева, Тернопольской и Николаевской областей;

д) статистическая обработка полученных экспериментальных данных (графический метод, метод вычисления мер центральной тенденции и дисперсии, метод корреляции).

Методологической основой исследования этой проблемы было учение марксизма-ленинизма о коммунистическом воспитании подрастающего поколения и работы по современным философским проблемам физики.

II. Структура и основное содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, библиографии и приложений.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, ставится проблема и определяются задачи исследования.

В первой главе — **«Научно-методический анализ основных понятий учения об элементарных частицах и уровень знаний учащихся»** — сделан анализ трактовки понятий современной физики микромира в научной литературе, анализируется содержание этих понятий в школьных программах,

учебных пособиях для советской школы, анализируются программы и ряд учебников зарубежных стран. В историческом плане проведен обзор методической литературы, вышедшей на Украине и в РСФСР.

На конкретных примерах показано, что многие физические понятия в школе раскрываются с недостаточной полнотой и точностью, а иные трактуются неправильно, так как при раскрытии их физической сущности не используются современные научные представления. Так, в теме «Электростатика» недостаточное внимание уделено раскрытию сущности понятий: электрический заряд, элементарный электрический заряд, заряд тела, точечный электрический заряд; в теме «Электрический ток в газах» не дается объяснения свойств плазмы, обусловленных свойствами частиц; в теме «Магнитные свойства вещества» не используются понятия спина и магнитного момента электрона для объяснения магнитных свойств атомов. Магнитные свойства вещества объясняются на уровне гипотезы Ампера. Недостаточно освещен вопрос о корпускулярно-волновом дуализме электромагнитного поля и вещества, не описываются современные представления о строении атома. Изучение ядра ограничивается описанием его структуры и не рассматриваются свойства, обусловленные свойствами нуклонов, не объясняется природа различных видов радиоактивности, не освещен вопрос о закономерностях взаимодействий и взаимопревращаемости частиц.

В последнем параграфе этого раздела анализируется уровень знаний, получаемых учащимися по вопросам микромира в школе, указывается, что у учащихся часто формируются неверные представления о природе свойств тел, о физических процессах. Ученики недостаточно знают теорию изучаемых процессов, не умеют логически мыслить. Здесь же высказывается соображение относительно основных причин, влияющих на уровень знаний учащихся, даются выводы относительно необходимой перестройки преподавания некоторых тем школьного курса физики с учетом достижений современной физики микромира.

Вторая глава — «**Методика формирования понятий об элементарных частицах и их свойствах в курсе физики средней школы**».

В первом параграфе обосновывается система понятий, которую предлагается ввести в курс физики средней школы, объем и место изучаемого материала для формирования отдельных понятий.

В систему понятий школьного курса физики о микромире мы предлагаем ввести три группы понятий. Группу понятий, которые характеризуют свойства элементарных частиц, а именно: элементарный электрический заряд, масса (покоя, кинетическая, полная), магнитный момент, спин, волна де-Бройля, время жизни частицы. Введение этих понятий даст возможность объяснить природу физических свойств веществ, превращение ядер в процессе радиоактивности, выделение энергии при синтезе и делении ядер и другие.

Вторая группа включает понятия самых элементарных частиц. Из таких мы предлагаем ввести следующие: электрон, протон, нейтрон, позитрон, антипротон, антинейтрон, нейтрино, антинейтрино, пи-плюс-мезон, пи-минус-мезон, пи-нуль-мезон, фотон. Выбор их обусловлен тем, что школьный курс физики рассматривает строение и физические свойства вещества, поэтому достаточно изучать те частицы, которые являются структурными единицами в строении вещества (электрон, протон, нейтрон) или рождаются в веществе (фотон, пи-мезоны, нейтрино, антинейтрино, позитрон), и античастицы (антипротон, антинейтрон).

Третья группа — включает понятия, характеризующие или описывающие микропроцессы: законы сохранения энергии, полной массы, спина электрического заряда, числа лептонов, числа барионов, принцип неопределенности, Ψ -функция, типы взаимодействий.

Составлена программа введения и развития этих понятий в школьном курсе физики; указано, как они могут быть использованы для научного объяснения явлений, а также их роль в формировании диалектико-материалистического мировоззрения учащихся.

В следующих параграфах этой главы описана методика формирования понятий микромира в конкретных темах, использования демонстрационного эксперимента. На основе результатов обучающего педагогического эксперимента проводится количественный и качественный анализ усвоения отдельных понятий.

Во втором параграфе описана методика поэтапного формирования понятия электрического заряда и элементарного электрического заряда вначале на I ступени обучения (7 кл.), а затем на II ступени расширение объема этого понятия, введение понятия точечного заряда и закона сохранения электрического заряда.

В третьем параграфе описана методика использования понятий о свойствах частиц для объяснения свойств плазмы и примеры применения плазмы в практике.

В четвертом параграфе на конкретном материале дается методика формирования понятия спина и магнитного момента электрона как свойств элементарных частиц, показано использование этих понятий для объяснения природы магнитных свойств вещества. В этом же параграфе указывается на дальнейшее развитие понятия «масса частицы» при объяснении процесса ускорения частиц в ускорителях.

В пятом параграфе описана методика введения понятий фотона, корпускулярно-волновых свойств частиц вещества, принципа неопределенности, введены сведения о вероятностно-статистическом характере микропроцессов. На основе этого даются описание поведения электрона в атоме и современное представление о строении атома.

Параграф шестой посвящен изложению физики атомного ядра. Здесь описана методика изучения строения и свойств ядра на основе использования понятий о свойствах нуклонов и о закономерностях их взаимодействий, обращается внимание на взаимную превращаемость нуклонов. На основе энергетического описания ядерных процессов дается объяснение α , β - и γ -радиоактивности, даются сведения о ядерных моделях.

Параграф седьмой посвящен методике изложения темы «Элементарные частицы», где проводится обобщение всех ранее полученных учениками знаний, предусмотрено ознакомление с некоторыми вопросами теории элементарных частиц (классификация, описание движения, взаимодействия и взаимопревращения частиц). На конкретных примерах β -распада нейтрона и взаимодействия пары частица-античастица показано взаимное превращение частиц из одного вида материи в другой. При этом иллюстрируется, что взаимодействия частиц подчиняются многим законам сохранения основных свойств материи, обращается внимание на общность и специфичность отдельных законов.

В параграфе восьмом описаны работы для физического практикума по теме «Элементарные частицы и их свойства». Здесь анализируется содержание некоторых работ, указанных в программах для школьного практикума, и описывается содержание трех работ, предлагаемых нами:

1. Определение величины элементарного электрического заряда электролитическим способом.

2. Наблюдение движения заряженных частиц по окружности в постоянном магнитном поле.

3. Определение удельного заряда электрона с помощью электронной лампы.

В параграфе девятом — «Наглядные пособия» проводится обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной наглядности при изложении вопросов микромира, анализируются модели, изготавливаемые учителями Украинской ССР, описаны наглядные пособия, изготовленные автором (модели, диафильм, рисунки). При этом подчеркиваются особенности наглядности при изложении вопросов микромира, обращается внимание на роль знаковых моделей, мысленного эксперимента, использование аналогий, которые на основе существующих представлений учащихся содействуют формированию новых, содействуют развитию мышления, знакомят с научными методами моделирования.

Третья глава — «**Методика проведения и результаты педагогического эксперимента**» — посвящена описанию методики подготовки, организации и проведения педагогического эксперимента.

Здесь даются обобщенные результаты экспериментальных данных, проводится качественный и количественный анализ усвоения учащимися знаний по вопросам микромира, сравнивается усвоение содержания понятий при изложении всех сведений об элементарных частицах в одной теме и при изложении сведений в процессе изучения всего курса физики с последующим обобщением их в заключительной теме.

Исследование состояло из двух этапов.

На первом этапе была проанализирована научная, методическая, психолого-педагогическая литература, программы, учебники и проведен констатирующий эксперимент.

Констатирующий эксперимент проводился в 1965/66 и 1966/67 учебных годах и по отдельным вопросам в 1967/68 учебном году. Этим экспериментом было охвачено 448 учащихся 8—10 классов школ г. Киева, Волынской и Тернопольской областей.

Целью констатирующего эксперимента было выяснение степени осведомленности учащихся с вопросами микроструктуры вещества, умения учащихся объяснить микропроцессы и вскрыть их природу. По исследуемой проблеме проводились индивидуальные беседы с учащимися, наблюдения на уроках, анализировались ответы на вступительных экзаменах в пединститут, проводились письменные работы.

Данные констатирующего эксперимента показали, что знания учащихся не соответствуют современным научным объяснениям некоторых явлений (сущности магнитных свойств веществ, различных видов радиоактивности, явления фотоэффекта, процесса выделения энергии при синтезе и делении ядер и др.).

На основании анализа результатов проведенного констатирующего эксперимента сделаны выводы о необходимости перестройки содержания некоторых тем школьного курса физики с включением в них ряда понятий микромира.

Нами было отобрано содержание учебного материала и написаны дидактические материалы с учетом проекта новой программы по следующим темам:

1. «Строение атома» для VII класса.
2. «Плазма».
3. «Магнитное поле. Магнитные свойства вещества».
4. «Взаимодействие электромагнитного поля и вещества. Корпускулярно-волновой дуализм свойств частиц».
5. «Физика атомного ядра».
6. «Элементарные частицы».

К каждой теме подобраны задачи, изготовлены наглядные пособия: схематические чертежи (50 штук), диафильм «Элементарные частицы», четыре модели для имитации микропроцессов.

К дидактическим материалам была разработана методика формирования понятий микромира.

На втором этапе исследования проводился обучающий эксперимент. Целью обучающего эксперимента было проверить доступность предложенного в дидактических материалах учебного материала для учащихся и эффективность разработанного варианта методики.

Обучающим экспериментом было охвачено 329 учащихся.

Эксперимент проводился в школах в 1966/67 и 1967/68 учебных годах. Базой для проведения полного обучающего эксперимента были выбраны: СШ № 93 г. Киева и СШ № 3 г. Кременца Тернопольской области. Кроме того, с целью проверки доступности методики введения отдельных понятий проводился дополнительный эксперимент в 2-х школах Октябрьского района Николаевской области, в СШ № 1 г. Тернополя и в Почаевской СШ Тернопольской области. Для эксперимента в каждой школе выбирались экспериментальный и контрольный классы с одинаковым средним балом успеваемости.

Таблица № 1

Т е м а	Количество уча- щихся, писавших работы	Возможное коли- чество ответов	С полученного количества ответов было:					
			в с е г о	правильных и полных	правильных не полных	неточных	не правиль- ных	отсутствующ- щих
Строение атома	96	96x4 = 384	380	246	100	34	—	4
		100%	99%	64%	26%	9%	—	10%
Магнитные свойства вещества	102	102x6 = 612	578	293	162	89	34	34
		100%	94.4%	48.0%	26.4%	14.6%	5.6%	5.6%
Взаимодей- ствие магнит- ного поля и вещества	140	140x4 = 560	560	325	175	15	45	—
		100%	100%	58.0%	31.3%	2.7%	8.0%	—
Физика ядра	98	588	570	412	104	48	6	18
		100%	97.0%	70.1%	17.7%	8.2%	1%	3%

В Киевской СШ № 93 было выбрано два экспериментальных класса и один контрольный. В одном классе проводился эксперимент самим автором, а в другом проводил учитель. Учителям сельских школ заранее давались подробные описания методики проведения уроков.

Показателем доступности дидактических материалов и методики его усвоения выступало качество усвоения знаний учащимися. В ходе эксперимента анализировались устные ответы учащихся, результаты письменных работ и зачетов по отдельным темам.

Разносторонний анализ результатов исследования показал, что разработанная методика обеспечивает достаточно высокий уровень усвоения материала (таблица № 1). Средний бал успеваемости по экспериментальным темам в экспериментальных классах повысился от 3,5—3,7 до 4,1—4,4. Это свидетельствует о доступности изучаемого материала и повышении интереса учащихся к вопросам физики микромира.

Отзывы учителей-экспериментаторов и обсуждения на конференциях и семинарах показали, что предлагаемая система понятий о микромире для курса средней школы является целесообразной, а разрабатываемая нами методика формирования понятий, содержания отобранного материала, объем понятий и их глубина доступны для учащихся.

В Ы В О Д Ы

1. Анализ научной, методической литературы, программ и учебников показал, что в школьном курсе физики не уделяется достаточного внимания освещению вопросов микромира, не вскрывается сущность некоторых физических свойств вещества и физических процессов.

2. В результате этого, как показал констатирующий эксперимент, учащиеся не получают необходимых сведений о свойствах микрочастиц, не ознакомлены с закономерностями элементарных частиц, не знают природы физических явлений, которые обуславливаются микропроцессами (радиоактивность, дифракция электронов, намагничивание магнетиков), недостаточно и даже неверно объясняют некоторые физические процессы (фотоэффект, выделение энергии при синтезе и делении ядер) и другие, которые изучаются в школьном курсе физики.

3. Экспериментальная проверка предложенного нами содержания материала, который согласован с новой программой, и методики его изложения показала, что сведения об элементарных частицах и их свойствах, предложенные в рамках данного исследования, доступны для усвоения учащимися и отвечают их познавательным возможностям.

4. Намеченные в исследовании межпредметные связи курса физики и химии исключают повторение некоторых сведений о строении атома и содействуют углублению знаний учащихся.

5. В результате усвоения предложенных нами сведений о микромире уровень знаний учащихся несколько повышается. Учащиеся могут более глубоко объяснить природу магнитных свойств вещества, свойства ядер, закономерности некоторых ядерных процессов, дифракцию электронов, единство и взаимопревращаемость двух видов материи.

6. Это дает научную основу для формирования у учащихся диалектико-материалистических представлений о современной физической картине мира, о неуничтожимости фундаментальных свойств материальных объектов, о проявлении качественно новых закономерностей с переходом от макропроцессов к микропроцессам, о причинно-следственных связях микро- и макроявлений.

7. Экспериментальная проверка показала, что формирование у учащихся сведений об элементарных частицах и их свойствах должно происходить последовательно, в процессе изучения ряда тем курса физики, а в теме «Элементарные

частицы» должна проводиться лишь систематизация и обобщение всех ранее полученных учащимися знаний.

8. Составленная нами программа и содержание учебного материала по вопросам микромира могут послужить основой при уточнении содержания отдельных вопросов новой программы по физике, а также быть полезными для авторов учебно-методической литературы и учителей практиков.

9. Кроме того, проведенное исследование показало, что в ходе дальнейшей работы над данной проблемой целесообразно:

1. Провести более глубокое исследование каждой из тем школьного курса физики, где изучается строение и свойства вещества и в определенной мере вводятся понятия о свойствах элементарных частиц, с тем чтобы разработать полную методику изучения этих тем с учетом введения новых понятий;

2. На основе этого усовершенствовать межпредметную связь курса физики и химии;

3. Нуждается в дальнейшем исследовании вопрос о наглядных пособиях, которые могут быть использованы при изучении вопросов микромира;

4. Определить объем материала для углубленного изучения учащимися вопросов микромира на факультативных занятиях.

Результаты исследования и практические рекомендации обсуждались на научных конференциях в Кременецком пединституте, на республиканских семинарах методистов областных институтов усовершенствования квалификации учителей, на семинаре руководителей районных методобъединений Тернопольской области, на курсах повышения квалификации учителей г. Киева и Тернопольской области.

Содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. «Четвертое агрегатное состояние вещества — плазма и изложение его в курсе физики средней школы».

Доклады (тезисы) Кременецкого педагогического института, Кременец, 1964 г.

2. «Формирование понятия о плазме в курсе физики средней школы», Методика преподавания физики, вып. 3, Радшкола, Киев, 1967 г.

3. «Изложение законов сохранения при изучении элементарных частиц, в курсе физики средней школы».

Методика преподавания физики, вып. 4, Радшкола, Киев, 1967 г.

4. «К вопросу учения о элементарных частицах в курсе средней школы», Тезисы докладов Кременецкого педагогического института, Кременец, 1967 г.

5. Методическое письмо МП УССР «Изучение элементарных частиц и их свойств в курсе физики средней школы», Радшкола, Киев, 1970 г.

6. Школьный учебный диафильм «Элементарные частицы», Украинская студия хроникально-документальных фильмов, Киев, 1967 г.

7. «Заключительная обзорная лекция при повторении курса физики в выпускном классе», Журн. «Радянська школа», 1971 г. № 4.

8. «Изучение атома в VII классе по новой программе», Методика преподавания физики, вып. 6, Киев, 1971.