



FÜÜSIKA:
TEADUS JA TOOTMINE

TARTU 1982

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

FÜÜSIKA:
TEADUS JA TOOTMINE

Füüsikaosakonna juubelikonverentsi
ettekannete teesid

22. oktoobril 1982. a.

TARTU 1982

Arh.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

6979

KUSTUTATUD

ФИЗИКА: НАУКА И ПРОИЗВОДСТВО.
Тезисы докладов юбилейной конференции
отделения физики.
На эстонском и русском языках.
Тартуский государственный университет.
ЭССР, 202400, г.Тарту, ул.Дликооли, 18.
Vastutav toimetaja P. Kard.
Paljundamisele antud 9.07.1982.
MB 07090.
Formaat 60x84/16.
Trükipaber nr. 2.
Masinakiri. Rotaprint.
Tingtrükipoognaid 5,12.
Arvestuspoognaid 4,66. Trükipoognaid 5,5.
Trükiarv 400.
Tell. nr. 692.
Tasuta.
TRÜ trükikoda. ENSV, 202400 Tartu, Pääsoni t. 14.

PLENAARISTUNGI ETTEKANNETE TEESID

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TEOREETILISE FÜÜSIKA KATEEDRI AJALOOST AASTATEL 1945 - 81

P. Kard

Praegune TRU teoreetilise füüsika kateeder asutati 15. mail 1945. aastal. Kateedrijuhatajaks oli 1949. aastani ENSV TA akad. A. Kipper, 1949 - 60. aa. prof. H. Keres (a-st 1961 ENSV TA akadeemik) ja 1960 - 81. aa. ENSV TA korr.-l. P. Kard. Alates 1981. aastast juhatab kateedrit dots. I. Piir.

Kateedri praeguses koosseisus on 6 õppejõudu ja 3 laboranti, lisaks veel lepinguliste tööde täitjad. Õppekoosseisu iseloomulikeks joonteks on kõrge kvalifikatsioon (1 doktor-professor, 4 kandidaati-dotsenti ja 1 kandidaat esialgu teadusliku kutseta) ja püsivus (ühe õppejõu keskmine tööstaaž kateedris on 21 aastat).

Aspirante on teoreetilise füüsika kateedris olnud vaa-
deldaval perioodil 17. Neist 11 kaitsesid väitekirja kas ko-
he aspirantuuriaja lõppedes või mõni aasta hiljem. Praegus-
test õppejõududest lõpetasid aspirantuuri oma kateedris 3
ja väljaspool 1.

Kateedri teaduslikus töös paistab silma mitmekesisus
(ent mitte killustatus) ja intensiivsus. 36 aasta vältel il-
mus trükkis üle 400 töö, neist umbes 210 teaduslikku tööd,
umbes 50 teaduslik-metoodilist tööd, 40 õppevahendit ja li-

gi 100 populaarteaduslikku tööd. Teadusliku töö peasuunda-
deks on väljateooria, teoreetiline optika, Maa tehiskaaslas-
te uurimine ja füüsika metodoloogia. Väljateooria alal töö-
tavad praegu dotsendid A. Koppel ja I. Piir ning v.-lab.
K. Kiirani, teoreetilise optika alal prof. P. Kard, dots.
J. Lembra ja v.-õp. L. Sossi, Maa tehiskaaslaste alal dots.
M. Liigant ja füüsika metodoloogia alal prof. P. Kard ja
dots. A. Koppel.

Kateedri õppejõudude juhtival osavõtul ilmub TRÜ Toime-
tiste seeria "Füüsika metodoloogilised küsimused" ja metoo-
diline seeria "Abiks õppejõule".

Kokkuvõttes tuleb rõhutada, et teoreetilise füüsika ka-
teeder on 36 aasta vältel edukalt täitnud oma ülesandeid.
Kateedri praegune koosseis on elujõuline ja arenemisvõimeli-
ne, mis lubab loota märkimisväärseid saavutusi ka tulevikus.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ТАРТУСКОМ ГОСУНИВЕРСИТЕТЕ

К.-С. Ребане

Начало люминесцентных исследований в Тартуском гос.
университете непосредственно связано с именем Ф.Д. Клемен-
та, ректором университета в 1952 - 1970 гг. Под его руко-
водством исследование люминесценции твердого тела началось
как в Тартуском университете так и в Институте физики и аст-
рономии АН ЭССР. По его предложению А. Паэ и А. Хаав начали
изучение связи структурных свойств люминофоров с их люминес-
центными свойствами; Л. Уйбо, У. Нымм и некоторые другие за-
нимались изучением кинетики люминесценции. Они были среди
первых, результаты работ которых были опубликованы в цент-
ральных журналах.

В 1958 г. была создана под руководством К.К. Ребане,
ныне президента АН ЭССР, на физическом отделении кафедра
экспериментальной физики, которая и стала центром проведе-
ния люминесцентных исследований в университете. Наряду с
этими исследованиями на кафедре аналитической химии велись

и ведутся работы по химическому синтезу люминофоров - вначале под руководством А. Москвина, а потом М.-Л. Аллсалу.

Исследование люминесценции на физическом отделении развивалось в следующих направлениях.

1. В начале 60-х годов трудами Ю. Халдре и Л. Пунга была создана лаборатория ЭПР и разработан метод изучения термоактивационной релаксации парамагнитных центров люминесцирующих кристаллов. В тесном сотрудничестве с работниками ИФА были получены существенные результаты при изучении центров захвата и свечения в щелочногалоидных кристаллах. В середине 1978 г. Л. Пунг завершил работу "Исследование автолокализации и движения дырок в ионных кристаллах методом термоактивационной радиоспектроскопии", защищенной в 1979 г. для получения докторской степени. Позже он и А. Лудик получили интересные результаты о механизме образования и движения дефектов катионной подрешетки. А Ю. Халдре и В. Семан, применяя методы ЭПР для исследования дефектов в других классах кристаллов, получили новые интересные результаты. В конце 70-х годов к этому направлению присоединился и пришедший на кафедру И. Язк.

2. Рентгеноструктурные исследования люминесцирующих аммонийногалоидных и щелочногалоидных кристаллов были начаты А. Паэ и А. Хаавом в середине 50-ых годов. Ими была установлена связь между структурой соединения и его люминесцентными свойствами. Позже, в середине 60-х годов, А. Паэ и Л. Уйбо при помощи рентгенографических методов изучили и установили ряд закономерностей в твердофазных реакциях мелкодиспергированных компонентов. А. Хаав совместно с Т. Мойрсеппом начал в это же время изучать при помощи рентгенографических методов динамику решетки, определяя среднеквадратичные амплитуды колебания ионов, характеристические температуры и другие параметры динамики решетки некоторых галоидных солей. Много внимания уделил А. Хаав совершенствованию аппаратуры и автоматизации измерений.

3. С начала 50-х годов изучением кинетики свечения люминофоров типа ZnS занимается У. Ным и К.-С. Ребане. Пос-

ледный до 1960 г. работал в Институте физики и астрономии АН ЭССР. У. Нымм детально изучил закономерности взаимосвязи кинетики люминесценции и фотопроводимости и сумел на основании этого определить ряд основных параметров локальных центров. Совместно с И. Раммо он изучил закономерности инфракрасного тушения и стимуляции фотопроводимости и люминесценции $ZnCdS$. К.-С. Ребане установил основные закономерности кинетики стационарного свечения (температурное тушение, инфракрасное тушение, нелинейности люминесценции) и путем изучения возбужденного поглощения и инфракрасной стимуляции выяснил (при участии В. Руттаса) общую структуру спектра поглощения центров захвата ZnS . Эти результаты он обобщил в докторской диссертации в 1972 г. В последнее время продолжением этих исследований являются работы А. Отса и Х. Воолайда по установлению природы центров окраски ZnS и CaS , и по изучению закономерностей взаимодействия этих дефектов с другими дефектами решетки. В это же время У. Нымм провел большую работу по автоматизации измерения и обработки спектров свечения люминофоров.

4. В 1960 г. при кафедре экспериментальной физики была организована лаборатория электролюминесценции и полупроводников. Основным направлением лаборатории стало изучение стабильности электролюминесцентных индикаторов, как порошковых так и пленочных. Э. Тальвисте выяснил ряд закономерностей, связанных со стабилизацией поверхности. Физикой процессов электролюминесценции пленочных структур и старения электролюминофоров постоянного тока занимался В. Васильченко. И. Тигане установил закономерности роста эпитаксиальных пленок халькогенидов на разных пленках и изучил закономерности роста пленки ZnS в сверхвысоком вакууме. Руководитель лаборатории А. Таммик усовершенствовал вакуумную технику для получения разных пленок для электролюминесцентных элементов и предложил ряд способов для увеличения срока службы электролюминесцентных элементов.

Электролюминесцентная тематика развивается в лаборатории в тесном сотрудничестве с рядом отраслевых предприятий.

СОТРУДНИЧЕСТВО КАФЕДРЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА
С ИНСТИТУТОМ ФИЗИКИ АН ЭССР

М. Эланго

Кафедра физики твердого тела была создана в 1976 г. на базе Института физики АН ЭССР. Целью ее создания было максимально полное использование высококвалифицированных кадров и современного оборудования института в целях подготовки молодых физиков для работы в научных учреждениях республики. Для достижения этой цели в состав кафедры были включены несколько ведущих физиков института, представляющих основные направления его научной деятельности, а в распоряжение студентов для проведения лабораторных, курсовых и дипломных работ было дано новейшее оборудование института, используемое в повседневной научной работе.

Учебный план кафедры составлен таким образом, чтобы студенты получили достаточно глубокое общее представление о физике твердого тела и на основе этого детально изучили те ее области, которые наиболее широко представлены в АН ЭССР — спектроскопию твердого тела и молекул, физику полупроводников и ионных кристаллов, взаимодействия излучений с веществом. В практических занятиях студентов особый упор делается на изучение квантовых генераторов излучения и их использование в различных физических экспериментах. Техническая база практических работ студентов включает уникальные установки для оптической спектроскопии в области от инфракрасного до рентгеновского излучения в сочетании с сверхнизкими температурами (до 0,35 К), высоким вакуумом (до 10^{-8} Па), высокими давлениями (до 1,5 ГПа), сверхсильными магнитными полями (до 30 Т), сверхвысоким временным разрешением (до 10^{-13} с).

Такая система организации учебной работы кафедры обеспечивает хорошую подготовку студентов не только в области физики твердого тела в Институте физики АН ЭССР, но и в областях молекулярной биологии и биофизики, развиваемых в других институтах АН ЭССР, а также в области полупроводниковой технологии в отраслевых институтах республики. Опыт работы

кафедры показывает, что подготовка ее выпускников позволяет им безинерционно и эффективно включаться в научные коллективы, занимающиеся актуальными задачами физики.

Созданием такой совместной кафедры ТГУ и Институт физики внесли серьезный вклад в усовершенствование системы подготовки молодых физиков.

TEADUSLIKU JA PEDAGOOGILISE MÕTE ARENGU SEOS ÜLDFÜÜSIKA KATEEDRIS

V. Ruttas

Teadusloos on laialdast rakendamist leidnud M.G. Jaroševski kontseptsioon, mille aluseks on idee, et ühtki teaduse fenomeni pole võimalik adekvaatselt kirjeldada ja seletada väljaspool kolme "koordinaadi" - ainelis-loogilise, psühholoogilise ja sotsiaalse - ühtsust [1]. 1975.a. kandis käesoleva ettekande autor selle kontseptsiooni üle pedagoogiliste nähtuste kirjeldamise ja seletamise valdkonda [2], tuues sellesse juurde nn. "ristprismade meetodi", mis seisneb nii uuritava protsessi kui ka sellest osa võtvate subjektide tegevuse ortogonaalses käsitlemises nimetatud kolme aspekti vaatevinklist.

Oma ettekandes püüab autor kolmeaspektilisuse kontseptsiooni ja "ristprismade meetodit" kasutada üldfüüsika kateedri teadusliku ja pedagoogilise tegevuse analüüsimisel. Vaatluse alla võetakse teadusliku ja õppetegevuse situatsioonid perioodil 1945 - 1982. Lähtematerjaliks on analüüsis kasutatud kateedri koosolekute protokolle, teadusliku töö ja õppeaastate aruandeid, teaduslike tööde plaane ja informatsioonikaarte, ilmunud publikatsioonide arvestuskaarte, üliõpilaste kursuse- ja diplomitööde registreerimise raamatud jms.

Analüüs eristab vaadeldavas perioodis kolme etappi: Esimest etappi (1945 - 1960) iseloomustab õppetöös teadust populariseeriv stiil, pedagoogilis-metoodilises töös orien-

Situatsioone kujundavad asjaolud

Protsessi aspektid / Subjektide tegevuse aspektid	Ainelis-loogiline	Psühholoogiline	Sotsiaalne
Ainelis-loogiline	ülesanded (õppe- ja teaduslikud)	ülesanded ↑ kontingent ↓	ülesanded ↑ ajnelised ↓ voimalused ↓
Psühholoogiline	ülesanded ↑ kaader ↓	kontingent	kontingent ↑ rolliootused ↓
Sotsiaalne	ülesanded ↑ suur teadus ↓	kaader ↑ kontingent ↓	sotsiaalne tellimus

teeritus praktilisele koolifüüsikale ja teaduses rakendusliku uurimissuuna väljakujunemine, mis hakkab kajastuma ka üliõpilaste õppe-teaduslikus töös (umbes 1/3 diplomitöödest). Teine etapp (1961 - 1970). Õppetöös on iseloomulik üleminek rangemale õppematerjali esitusviisile, eriti aga üliõpilaste praktilise ettevalmistuse tasemele esitatavate nõudmiste tõstmine. Pedagoogilis-metoodilises töös toimub üleminek koolifüüsika praktilistelt küsimustelt füüsika õpetamise meetodika põhiprobleemide teaduslikule uurimisele. Asutakse tegelema ka füüsika õpetamise meetodika praktiliste küsimustega kõrgkoolis. Teadustöös on iseloomulik fundamentaaluuringute osatähtsuse suurenemine. Üliõpilaste õppe-teaduslikus tegevuses saavad märgatava kaalu (umbes 20%) diplomitööd, mis on pühendatud füüsika õpetamisele kõrgkoolis. Valdavaks jääb aga üliõpilaste diplomitöodes koolifüüsika problemaatika (50%).

Kolmanda etapi alguseks võib lugeda seitsmekümnendate aastate algust. Eelmiste etappide käigus väljakujunenud teadussuundade kõrvale astub kõrgkoolipedagoogika uurimissuund. Asutakse uurima õppematerjali omandamise psühholoogilist aspekti nii kesk- kui kõrgkoolis. Käiku lähevad ka sotsioloogilised uurimismeetodid. Samas tuleb märkida varem väljatöötatud teadussuundade tugevat mõju üliõpilaste professionaalsete hoiakute kujunemisele pedagoogikutse kahjuks (1971 - 1981 vähenes pedagoogiliste diplomitööde osa 44 protsendile).

Kirjandus

1. Ярошевский М.Г. Трехаспектность науки и проблемы научной школы, - В кн.: Социально-психологические проблемы науки. М.: Наука, 1973.
2. Ruttas V. Problematyka badawcza procesu dydaktycznego szkoły wyższej. Warszawa, PWN, 1975.

SEKTSIOONIDE ETEKANNETE TEESED

I seksioon. Teoreetiline füüsika

GRAVITATSIOONIVÄLJA VÖRRANDITE TÄPSETE LAHENDITE GENEREERIMISMEETODID JA VASTAVUSE PRINTSIIP

A. Koppel

Viimase 4-5 aasta jooksul on oluliselt kasvanud huvi mitmesugustes teoreetilise füüsika probleemides esinevate mittelineaarsete diferentsiaalvõrrandite uute lahendite genereerimise üldmeetodite (hajumise pöördülesande, jätkuvusstruktuuride, Bäcklund'i teisenduste jt. meetodite) arendamise vastu. Neid meetodeid on nüüd tulemusrikkalt rakendatud ka relativistliku gravitatsiooniteooria väljavõrrandite uute täpsete lahendite genereerimiseks, eriti just aksiaalsümmeetrilise statsionaarse välja puhul. Kaasa on see aga toonud teooria matemaatilise formalismi märgatava komplitseerumise ning sellega uusi teooria füüsikalise tõlgendamise probleeme.

Relativistliku teooria mõtestamise üheks oluliseks lähtekohaks on teatavasti vastavuse printsiip. Rel.grav. teoorias on andnud selle printsiibi süvendatud formulatsiooni akad. H. Keres, kes oma töödes on näidanud rel.grav.teooria mitterel. teooriaga võrdlemise uusi heuristilisi võimalusi. Lähtudes H. Kerese ideedest, arendas nende ridade kirjutaja tetraadformalismis keeles ühtse diferentsiaalgeomeetrilise lähenemisviisi nii rel. kui mitterel.grav. teooriale ning selle alusel üldise meetodi rel.väljavõrrandite lahendite kui rel. välja matemaatiliste mudelite süstemaatiliseks füüsikaliseks analüüsiks vastavate mitterel.analoogide uurimise teel (nn. mitterel.analüüsi meetod). Omakorda sellise üldmeetodi alusel sai välja töötatud ühtne menetlus rel.väljavõrrandite uute täpsete aksiaalsümmeetriliste statsionaarsete

vaakumlahendite mitmesuguste uusimate genereerimismeetodite võrdlemiseks ja füüsikalise sisu uurimiseks.

Uute täpsete rel.lahendite genereerimismeetodite mitterel. analüüs lubab uurida "vana" lahendi "uueks" üleminekut mitterel.piiirjuhul, mis aga annab ka alusfooni genereerimismehhanismi analüüsiks esimeste rel.parandite tasemel. Koigepealt avaneb iga kindlat genereerimismeetodit iseloomustavate suuruste ja parameetrite osakaal mitterel.piiirjuhule vastava aegruumi kõveruse ja mitterel.välja 3-moõtmeliste karakteristikute (potentsiaalide ja väljatugevuste) muutustes, seejärel nende suuruste roll esmaseid rel.efekte kirjeldavate suuruste muutustes. Mitmete konkreetsete genereerimismeetodite süstemaatilise uurimise tulemused on osaliselt juba publitseeritud, osaliselt trükki suunatud (A. Koppel, T. Lember, A. Ihermann). Uuringuid jätkatakse.

ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА В ИСКРИВЛЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

И. Пийр

Принцип Гюйгенса (ПГ) в современном понимании связан со свойствами решения задачи Коши для дифференциальных уравнений в частных производных. Для линейного дифференциального уравнения или для системы уравнений нормального гиперболического типа ПГ выполняется в некоторой области G пространства $R^n(t, x_1, \dots, x_{n-1})$, если решение любой задачи Коши в любой точке $P_n = (t, x_1, \dots, x_{n-1}) \in G$ зависит только от начальных данных на пересечении характеристического конуса с вершиной в точке P_n и начальной гиперповерхности $t=0$. Отсюда вытекает, что локализованные в некоторой ограниченной области пространства $R^{n-1}(x_1, \dots, x_{n-1})$ начальные возмущения вызывают в любой точке $P_{n-1} = (x_1, \dots, x_{n-1})$ возмущение, локализованное во времени t , а нарушение ПГ связано с появлением длительного, но затухающего со временем последствия или хвоста излучения. Еще Адамар установил, что ПГ может выполняться только при четных $n \geq 4$, однако проблема нахождения всех уравнений, удовлетво-

рящих Π , далека от полного решения даже в случае $n=4$, представляющем в физике основной интерес.

В пространстве-времени Минковского Π выполняется, в частности, для обычного волнового уравнения и для уравнений Максвелла. Переход к искривленному пространству-времени, т.е. от специальной теории к общей теории относительности, приводит в общем к нарушению Π . Исключениями являются специальные, но с точки зрения физики мало интересные случаи, например, метрика плоской гравитационной волны. В слабом гравитационном поле Π выполняется в линейном приближении всюду в пустом пространстве. При наличии вещества, т.е. при $R_{ik} \neq 0$ анализ физических следствий нарушения Π усложняется ввиду необходимости учета прямого воздействия вещества на излучение. В данной работе показано, что этого осложнения можно отчасти избежать, рассматривая в пустом пространстве ($R_{ik} = 0$) задачу Коши, носителем начальных данных которой является двухсвязная область, охватывающая участки, заполненные веществом (т.е. участки, где $R_{ik} \neq 0$). Оказывается, что здесь также возникает хвост излучения, совпадающий при подходящем выборе начальных данных с хвостом, вызванным нарушением Π , в случае, если бы начальные возмущения были локализованы в односвязной области той части пространства, где $R_{ik} \neq 0$.

О КАЛИБРОВОЧНЫХ УСЛОВИЯХ, ПРИМЕНИМЫХ ВО ВСЕМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

В. Унт

I. Основными пространствами решений нелинейных уравнений гиперболического типа являются пространства Соболева $W^{s,2}(\Omega, R^4)$. Если предположить, что интегралы уравнений Эйнштейна являются функциями Соболева, то при рассмотрении бесконечных областей пространства-времени \mathcal{U} класс допустимых калибровочных (координатных) условий сужается. Например,

волновые решения уравнений Эйнштейна в гармонических координатах имеют асимптотику $\ln r/r$ и явно к пространствам Соболева не относятся.

Предлагается метод интегрирования уравнений, который позволяет определить глобально допустимые координатные системы.

2. Воспользуемся следующим разложением трехмерных величин γ^{oi} и γ^{ik} ($\gamma^{AB} = g^{AB} - \eta^{AB}$):

$$\gamma^{oi} = \dot{\gamma}^{oi} + G_{,i}; \quad \gamma^{ik} = \dot{\gamma}^{ik} + \alpha_{(i,k)}; \quad \dot{\gamma}^{oi}_{,i} = 0, \quad \dot{\gamma}^{ik}_{,k} = 0$$

$$\int_{\Omega} \dot{g}^{oi} G_{,i} d\Omega = \int (G \dot{g}^{oi})_{,i} d\Omega - \int G \dot{g}^{oi}_{,i} d\Omega = \int_{\Sigma} \dot{g}^{oi} G d\Sigma.$$

В качестве поверхности Σ рассмотрим сферу бесконечного радиуса. В тех случаях, когда поверхностный интеграл стремится к нулю, разложение тензоров ортогонально и, например, $\alpha_{(i,k)}$ и \dot{g}^{ik} образуют инвариантные взаимно ортогональные подпространства пространства Гильберта. Допустимы только такие координатные условия, которые не нарушают инвариантность подпространств за счет нарушения допустимой математической структуры решений.

3. Приводятся приближенные уравнения Максвелла и Эйнштейна для инвариантных подпространств. Рассматриваются допустимые калибровочные условия и обсуждается проблема псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля.

О СЕМЕЙСТВАХ СФЕРИЧЕСКИХ ВОЛН ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА

Р. Манкин

1. Особый интерес в теории излучения волн изолированными источниками представляют семейства сферических волн произвольного порядка. Имеется предположение, что семейства сферических волн (порядка нуль) для произвольных кривых временного типа существуют только в случае двух или четырех переменных и только в случае, когда дифференциальное уравнение эквивалентно волновому уравнению [1]:

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^1{}^2} - \frac{\partial}{\partial x^2{}^2} - \dots - \frac{\partial^2}{\partial x^{n^2}} \right) \Phi = 0.$$

Известно, что в случае четного числа переменных волновое уравнение имеет решения в виде семейств сферических волн высших порядков $\geq (n-4)/2$ [1]. По поводу существования таких решений для дифференциальных уравнений, не эквивалентных волновому уравнению, известно мало. Выяснение новых классов таких уравнений имеет важное теоретическое значение в частности для теории передачи сигналов.

2. Опираясь на работы Адамара [2] и Гюнтера [3] нами исследовано дифференциальное уравнение нормального гиперболического типа

$$g^{ij} \nabla_i \nabla_j \Phi + A^i \nabla_i \Phi + C\Phi = 0, \quad (I)$$

где $i, j = 1, 2, \dots, n$ и $g^{ij}, A^i, C \in C^\infty$ в некоторой области Ω пространства с римановой метрикой g_{ij} .

Доказана теорема: Пусть для уравнения (I) выполняется принцип Гюйгенса (в смысле "minor premise" Адамара [2] для всех $\gamma \in \Omega$ и пусть через $\gamma(\lambda)$ задана гладкая кривая временно-го типа. Тогда это уравнение имеет решения в виде семейств сферических волн произвольного порядка $\geq (n-4)/2$, причем вершины характеристических коноидов принадлежат $\gamma(\lambda)$.

Как известно, существуют гюйгенсовы дифференциальные уравнения, не эквивалентные волновому уравнению [4].

Литература

1. Р. Курант. Уравнения с частными производными. "Мир", М. 1964.
2. J. Hadamard. Lectures on Cauchy's Problem in linear partial differential equations. Yale Univ. Press, New Haven 1923.
3. P. Günther. Math. Nachr. 22, 285, 1960.
4. P. Günther. Archive Rat. Mech. Analysis, 18, 103, 1965.

VÄLJA JA RUUMI SÜMMEETRIA

M. Kõiv

Püstitatakse välja-ruumi sümmeetriaprintsiip, mille kohaselt välja ja ruumi (aegruumi) muutujad esinevad teoorias võrdväärsel alusel.

Vaadeldakse selle printsiibi võimalikke matemaatilisi formulatsioone [1], [2], [3] ja erinevate formuleeringute vahelisi seoseid.

Sümmeetriaprintsiibi realisatsioonid, sümpleon: Born-Infeldi võrrandi skalaarne analoog. String, stringi üldistused. Supergravitatsioon.

Sümmeetriaprintsiibi rikkumine. Sümpleonisarnane objekt ja osaliselt sümmeetriline lagranžiaan. Born-Infeldi elektrodünaamika. Üleminek lineaarsetele võrranditele jäävate voolude kaudu.

Kirjandus

1. A. Ainsaar, K. Kiirane, M. Kõiv, ENSV TA Toimetised Füüs. Matem. 27, 4, 453-455 (1978).
2. M. Kõiv, A. Ainsaar, K. Kiirane, Field-space-time symmetry and scalar Born-Infeld equation. Preprint F-15, Tartu 1981.
3. A.S. Schwarz, Are the field and space variables on an equal footing? Preprint ITEP-2, Inst. of Theor. and Exp. Physics, Moscow 1980.

NEUTRIINODE MASSIDE JA SEGUNEMISE MÖÖTMISE VÕIMALUSTEST

L. Palgi

Standardteoorias loetakse, olgugi sügavama füüsikalise põhjendusega, neutriino mass nulliks ja seega neutriino

elektronõrگا vastasmõju kalibratsioonirõhma omaseisundid ν_e , ν_μ , ν_τ ka massi omaseisunditeks. Nõrگا vastasmõju neutriinod ν_e , ν_μ ja ν_τ on õhesuguse tugevusega seotud vastavate laetud leptonitega e , μ ja τ .

Neutriinod ei tarvitse olla massita. Siis pole ν_e , ν_μ ja ν_τ tingimata massi omaseisundid, vaid võivad olla lineaarkombinatsioonid massi omaseisunditest ν_1 , ν_2 ja ν_3 :

$$\nu_\alpha = \sum_i U_{\alpha i} \nu_i, \text{ kus } \alpha = e, \mu, \tau \text{ ja } i = 1, 2, 3.$$

Uued kosmoloogilised teooriad ja kasvav huvi elektronõrگا ja tugevat vastasmõju õhendavate kalibratsiooniteooriate vastu on muutnud neutriino massi probleemi aktuaalseks. Kosmolooglast ja suurtest õhendavatest teooriatest tulenevad konkreetsed hinnangud neutriino massi kohta. Neutriino massi mõõtmine laboratooriumides on õheks vāhestest võimalustest nende teooriate kontrolliks.

Neutriinode mass ja segunemine avalduvad mingil määral kõigis nõrkades lagunemisprotsessides. Seni on andmeid neutriino massi alampiiri kohta saadud ainult triitiumi beetalagunemise uurimisel [1]. Teiseks huvipakkuvaks võimaluseks on neutriinode ostsillatsioonide uurimine. Kui on erinevaid neutriinode masse ja segunemismatriks U pole diagonaalne, siis mingis konkreetses seisundis α tekkinud neutriino on teatud kaugusel tekkekohast ostsillatsiooni tõttu juba ν_e , ν_μ ja ν_τ segu. Neutriino ostsillatsioonide kohta on rohkesti eksperimentaalset materjali, mille analüüsist [2] saab andmeid neutriino masside ja segunemise kohta.

Selles ettekandes püütakse analüüsida mõeldavate laboratoorsete eksperimentide võimalusi neutriino massi ja segunemise kindlakstegemisel.

Kirjandus

1. ЛЮБИМОВ В.А., НОВИКОВ Е.Г., НОЗИК В.З., ТРЕТЬЯКОВ Е.Ф., КОЗИК В.С., МЯСОЕДОВ Н.Ф., ЖЭТФ, 81, вып. 4., 1158-1181, 1981.

2. Barger V., Whisnant K., Phillips R.J.N., Phys. Rev. D22, No.7, 1636-1646, 1980.

MILLIST INFORMATSIOONI ANNAB μ -MESOAATOM

E. Tammet

μ -mesoaatom on eksootiline aatom, kus elektron on asendatud μ^- -mesoniga, mis asub tuuma väljas seotud seisundis.

μ -mesoaatom on stabiilne aatom võrreldes tuumaprotsesside kestvusega, ta eluiga on alla kahe mikrosekundi.

μ - mesoaatom on "märgitud" aatom - informatsiooni annab μ -mesoni polarisatsioon, mis sõltub μ -mesoni interaktsioonist ainega.

Polarisatsiooni saab mõõta μ^- -e-lagunemisel tekkinud elektronide nurkjaotuse asümmeetria kaudu. Paljud eksperimentaalsed ja teoreetilised tööd, mis on pühendatud μ -mesoaatomile, on seotud polarisatsiooni kui kõige tähtsama parameetri uurimisega.

μ -mesoaatom annab informatsiooni tuuma, elektronikihi, samuti nõrga interaktsiooni kohta. Viimasel ajal kasutatakse μ -mesoaatomeid aine struktuuri ja keemiliste protsesside uurimisel. On tekkinud uus teaduslik suund - mesokeemia, mis piirneb ühelt poolt elementaarosakeste füüsikaga, teiselt poolt keemiaga.

О НАРУШЕНИИ ПРИЧИННОСТИ В УРАВНЕНИЯХ ДЛЯ ВЫСШИХ СПИНОВ

Р.-К. Лойде

Описание частиц с высшими спинами ($s \geq 3/2$) релятивистскими волновыми уравнениями связано со многими трудностями. Одна из них - нарушение причинности во внешнем поле - появ-

ляется уже на классическом уровне. В 1969 году Вело и Цванцигер показали, что в случае уравнения Раунти-Швингера для спина $3/2$ скорость волнового фронта во внешнем электромагнитном поле может превышать скорость света. Несмотря на то, что нарушению причинности посвящено много работ, причина нарушения окончательно еще не выяснена.

Нарушение причинности в уравнениях для высших спинов, по-видимому, связано с используемым формализмом. Если мы хотим описывать частицу высшего спина с помощью релятивистского волнового уравнения, то мы должны использовать представления, которые содержат и более низкие спины. Низкие спины можно элиминировать из уравнения свободного поля, делая соответствующую часть нильпотентной. Можно показать, что состояния, элиминированные нильпотентностью, порождают нарушение причинности. Уравнения с нильпотентными матрицами можно квалифицировать как нефизические уже на уровне свободного поля, так как соответствующие параметры принадлежат к нефизической области.

LIIKUMATU LAINERAKETT

P. Kard

Kui osake on tsentraalsümmeetrilises väljas, mille potentsiaal on

$$V(r) = \frac{m\omega^2 r^2}{2} + \frac{3\hbar^2}{8m r^2} \quad (1)$$

siis tema liikumist kirjeldaval Schrödingeri võrrandil on energia omaväärtustele

$$E_n = 2n\hbar\omega, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

vastavad lahendid

$$\Psi_n(r) = (n/2\pi)^{1/2} (m\omega/\hbar)^{1/2} \exp(-\frac{m\omega r^2}{2\hbar}) U_n(\frac{m\omega r^2}{\hbar}) e^{-2in\omega t} \quad (3)$$

kus U_n on teatavad polünoomid

$$U_n(x) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(-1)^k (n-1)! x^k}{(n-k-1)! k! (k+1)!} \quad (4)$$

Sama Schrödingeri võrrandid rahuldab aga ka funktsioon

$$\psi = r^{-3/2} \exp \left\{ -\frac{im\omega r^2}{2\hbar} \tan \omega t \right\}, \quad (5)$$

mis kujutab liikumatut lainepaketti.

MITMETELJELISTE ASTRONOOMILISTE MONTEERINGUTE KASUTAMISEST POSITSIOONIVAATLUSEL

M. Liigant

1. Klassikaline absoluutne meetod ja vastavad üheteljelise monteeringuga vaatlusinstrumendid ei sobi taevakehade koordinaatide määramiseks suvalises vertikaalis. Selleks otstarbeks tuleb kasutada mitmeteljelise monteeringuga instrumente ja välja töötada vastavad vaatlus- ja vigade arvestamise meetodid.

2. Sfääriliste koordinaatide Λ ja Φ määramine absoluutsel meetodil on taandatav mõõdetava punkti nurkkauguse ρ ja positsiooninurga β määramisele sellise aluspunkti O suhtes, mille sfäärilised koordinaadid Λ_0 ja Φ_0 on leitavad monteeringu telgedel olevate pöördenurga andurite näituste $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ (n = monteeringu telgede arv) põhjal. Suurused ρ ja β on määratavad instrumendi fokaaltasandis teostatavate mõõtmiste abil.

3. Meetodi täpsus on määratud järgmiste instrumentaalsete vigadega: vead monteeringu orienteerimisel vertikaalsihi või maailmatelje suhtes, monteeringu telgedega määratud sfäärilise koordinaatsüsteemi mitteortogonaalsus (teljed pole risti), andurite vead (sealhulgas nullpunkti viga). Kõik need vead sõltuvad üldjuhul andurite näitudest $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, sisaldades süstemaatilist ja juhuslikku komponenti.

4. Instrumendi süstemaatilisi vigu saab arvestada kui on teada tema vigade väli kolme funktsiooni kujul, mis annavad suuruste Λ_0 , Φ_0 ja β määramise summaarse vea sõltuvalt andurite näitudest. Vigade välja analüütiline esitamine pole võimalik seoses raskustega mitmeteljelise monteeringu

üksikute vigade määramisel. Vigade välja numbrilised hinnangud võib aga leida tuntud koordinaatidega tähtede vaatluste põhjal. Numbrilise vigade välja optimaalne diskreetsus kõikide muutujate $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ järgi on $10-20^0$.

5. Kolmeteljelise monteeringu jaoks vigade välja määramine numbriliselt kolmemuutuja funktsioonide kujul on väga töömahukas. Ülesanne lihtsustub kui instrumentaalsed vead on esitatavad kujul $\Delta(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = \Delta^I(\alpha_1) + \Delta^{II}(\alpha_2, \alpha_3)$, s.t. vea sõltuvus instrumendi pöördenurgast esimese telje suhtes ei olene ülejäänud telgede pöördenurkadest ja vastupidi. Võib arvata, et teatud täpsusega on see tingimus täidetud selliste monteeringute korral, mille esimene telg on vertikaalne. Sellisel juhul on vertikaalteljega seotud vigade sõltuvus α_1 -st määratav vaatlustest konstandi täpsusega. Samuti saab vaatlustest määrata jääkvea sõltuvuse suurustest α_2 ja α_3 .

ДИНАМИКА КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ВОЗБУЖДЕННОМ
ЭЛЕКТРОННОМ СОСТОЯНИИ

В. Хижняков

Развита теория временной эволюции распределения конфигурационных координат примесного центра кристалла после его фотовозбуждения. Характерная черта теории – последовательный учет фотовозбуждения центра, приводящего к созданию неравновесного колебательного состояния. Учитывается как изменение положения равновесия, так и изменение упругих постоянных решетки при электронном переходе в примесном центре. Теория основана на квазигармоническом описании колебаний кристалла. В рассмотренной теории в качестве причины колебательной релаксации выступают дефазировка фононов, вызываемая их дисперсией, и ангармонический распад нормальных мод. Получены модельно точные формулы для временного поведения среднего значения конфигурационной координаты, ее квадратичной флуктуации и парной корреляционной функции, описывающий эффект "памяти" разных моментов возбуждения. Эти формулы позволяют вычислить указанные релаксационные характеристики, если известна динамическая функция Грина конфигурационной координаты в основном электронном состоянии центра. Найденные формулы описывают также влияние квантовых эффектов на распределение конфигурационных координат в области классических точек поворота. Полученные результаты проиллюстрированы численными расчетами.

Теория применена к описанию стационарных и зависящих от времени спектров горячей люминесценции и двухфотонного поглощения, примесных центров и автолокализованных экситонов в кристаллах. Результаты теории сравниваются с экспериментом.

НЕКОТОРЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СХЕМЕ ВИБРОННОЙ ТЕОРИИ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

Н. Кристофель

Собственный аномальный фотовольтаический эффект (САФЭ) заключается в возникновении постоянного тока в цепи замкнутого сегнетоэлектрика при освещении его (в однородных условиях) светом с частотой фундаментального поглощения. Показано, что это явление должно быть естественным свойством (не предполагающим наличие примесей или специальных механизмов рассеяния носителей) сегнетоэлектрика с вибронной расщепляющей перенормировкой электронных зон. Стационарный фотовольтаический ток получается во втором порядке по взаимодействию свет-вещество и обусловлен квантовомеханическим интерференционным процессом амплитуд вероятностей реальных и виртуальных каналов переходов. Получены различные представления для тока, в частности, с выполненным по промежуточным состояниям суммированием.

Общая теория применена для расчета свойств широкозонных сегнетоэлектриков типа $BaTiO_3$ с использованием модельной зонной структуры и описывает основные известные экспериментально закономерности. Температурная зависимость тока определяется через спонтанное искажение решетки, для дисперсии САФЭ существенна спадающая с частотой функция пропорциональности коэффициенту поглощения. В противоположность поглощению, в САФЭ существенна не только величина, но и фаза матричных элементов перехода, и может быть получена более детальная информация об электронной структуре кристалла.

В аналогичной схеме проведен расчет нелинейной оптической восприимчивости удвоения частоты χ_{xxxx} , которая выражена через микроскопические параметры кристалла. Температурная зависимость χ симбатна с поведением фононного параметра порядка, при характеристических значениях параметров широкозонного сегнетоэлектрика $\chi \sim 10^{-8}$ CGSE. Дисперсионная зависимость χ получается наблюдаемого в кислородно-октаэдрических сегнетоэлектриках вида ("трамплин").

Вибронная теория, естественно связывающая электронную и фононную подсистемы кристалла, успешно объясняет не только обычные, но и нелинейные оптические свойства сегнето-электриков.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ПРИМЕСНОЙ МОЛЕКУЛЕ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ

Л. Ребане

Экспериментальное изучение энергетической и фазовой релаксации электронно-колебательных возбуждений является одной из наиболее актуальных задач современной спектроскопии, т.к. позволяет составить детальную картину преобразования энергии и фазы возбуждения в примесной молекуле и выяснить механизмы взаимодействия с фононами. Для изучения процессов дефазировки электронно-колебательных возбуждений в примесной молекуле при температурах 2 - 50 К использовались два метода: а) выделение однородных ширин линий с помощью фотохимического образования и запоминания узких провалов в неоднородно уширенных спектрах примесных молекул и б) изучение когерентного компонента вторичного свечения примесной молекулы - резонансного комбинационного рассеяния и сопоставления его с обычной люминесценцией, которая испускается центром после завершения колебательной релаксации.

С помощью метода провала впервые получены чрезвычайно узкие ($\sim 10^{-3}$ см⁻¹) однородные ширины линий чисто электронного перехода, ширина которых в пределе нулевой температуры выходит на радиационную, определяемую излучательным распадом электронного возбуждения. Показано, что однородное уширение при низких температурах обязано потере фазовой памяти электронного возбуждения, характерные времена которой при гелиевой температуре сопоставимы с радиационным временем и очень чувствительны к спектру низкочастотных фононов матрицы. В присутствии псевдолокального колебания последнее доминирует в электрон-фононном взаимодействии, которое хорошо

описывается в одноосцилляторном приближении. Введение примеси в стеклообразную матрицу аномально уширяет провал и деформирует его контур, что позволяет изучать особенности процессов релаксации в разупорядоченных матрицах.

Соотношения компонентов резонансного вторичного свечения в спектре примесных молекул (S_2^- и Se_2^- в KI) показало, что времена фазовой релаксации электронно-колебательных состояний примесной молекулы существенно зависят от состояния неравновесных фононов.

ФРЕНКЕЛЕВСКИЕ ПАРЫ ДЕФЕКТОВ В ЩЕЛОЧНОГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ

А. Луцкий, Л. Пунг

В щелочногалоидных кристаллах (ЩК) могут существовать четыре типа пар френкелевских дефектов: анионная вакансия и междоузельный ион галоида ($v_a^- \cdot i_a^-$), F-центр и междоузельный атом галоида ($v_a^+ \cdot e^- \cdot i_a^+$), катионная вакансия и междоузельный ион металла ($v_c^- \cdot i_c^+$) и V_F -центр и междоузельный атом металла ($v_c^+ \cdot e^- \cdot i_c^+$). В облученных рентгеновской радиацией ЩК доказано существование первых двух пар анионных дефектов. В Тарту ведется поиск катионных френкелевских пар, а также изучение элементарных механизмов создания анионных и катионных френкелевских пар (см., например, [1-5]).

Нейтральные анионные френкелевские пары ($v_a^+ \cdot e^- \cdot i_a^-$) возникают в ЩК при распаде оптически создаваемых экситонов (e^0) и при рекомбинации электронов с автолокализованными дырками [1, 2, 5]. Недавно обнаружен распад e^0 с рождением $v_a^+ \cdot i_a^-$ [2]. Для KCl высокой чистоты при 4,2 К измерен спектр создания заряженных френкелевских пар ВУФ-радиацией. $v_a^+ \cdot i_a^-$ пары эффективно генерируются фотонами 7,75-7,80 эВ - при оптическом создании экситонов, переходящих в автолокализованное состояние с горячей электронной и дырочной компонентами. Фотоны с $h\nu > 8,6$ эВ, дающие разделенные электронно-дырочные пары, создают в основном короткоживущие $v_a^+ \cdot e^- \cdot i_a^-$ -пары и кор-

релированные пары, сигнал ЭПР которых отжигается к 40 К [5].

Доказательство создания радиацией катионных френкелевских дефектов оказалось сложной задачей. Рождение $v_{\bar{c}}$ при облучении наиболее четко проявляется по возникновению ориентированных в KCl, KBr и RbBr по $\langle 100 \rangle$, а в CsBr — по $\langle 111 \rangle$ X_3^- -центров (X-галоид), занимающих два анионных и один катионный узлы. Структура X_3^- установлена путем обнаружения методом ЭПР и люминесцентными методами в продуктах фотодиссоциации X_3^- автолокализованных дырок, V_F -центров и междоузельных атомов галоида [3-5].

Литература

1. Ч.Б. Лудик, И.К. Витол, М.А. Эланго. УФН, 122, 223, 1977.
2. Е.А. Васильченко, А.Ч. Лудик и др. ФТТ, 23, 481, 1981.
3. Ch. Lushchik et al. J. Semicond. Insulat., 5, 133, 1980.
4. Л. Пунг, А. Лудик, Ю. Халдре, Изв. АН СССР, сер. физ., 40, 1952, 1976.
5. А.Ч. Лудик, Л.А. Пунг, Ю.Ю. Халдре, Ю.В. Колк. Вопросы атомн. науки и техн., сер. радиац. повр., вып. I(16), 1982.

ЗОННАЯ СТРУКТУРА СОЕДИНЕНИЙ ТИПА $A_1B_1V_1$

И. Язк, К. Реало

I. Наши экспериментальные исследования показали, что зонная структура соединений $A_1B_1V_1$ существенно отличается от зонной структуры их изовалентных аналогов типа $A_1B_1V_1$ (щелочногалогидных кристаллов). Начиная с соединений кальция (с появлением незаполненной d -оболочки) абсолютный минимум зоны проводимости находится в X -точке зоны Бриллюэна. Это обуславливает (при условии, что экстремум вакансий зоны находится в Γ -точке) положение, что самыми низкоэнергетическими в CaS , SrS и др. являются непрямые Γ - X межзонные пе-

переходы, с которыми и связан край собственного поглощения.

2. Этот результат находится в хорошем согласии с появившимися в последнее время в литературе расчетами зонной структуры халькогенидов щелочноземельных металлов.

3. Данные о зонной структуре получены путем исследования оптических характеристик (поглощение, отражение, люминесценция) выращенных нами несколькими методами монокристаллов CaS и SrS . Разработана методика получения чистых монокристаллов CaS и SrS .

4. В спектрах краевой люминесценции исследуемых соединений ожидаются интересные особенности, которые отражают возможность автоионизации X^- (или Γ^-) экситонов, реабсорбцию свечения свободных экситонов на $\Gamma-X$ переходах, а также рекомбинацию Γ -дырки с X -электроном.

5. Из-за малой вероятности не прямых переходов, межзонная рекомбинация в указанных веществах затруднена. Это позволяет на базе этих веществ создать избирательные люминесцентные дозиметры. Такая возможность нами успешно реализована.

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ ZrO

В. Семан

Известно, что в окислах щелочноземельных металлов могут наблюдаться отклонения от стехиометрического состава в зависимости от условий термической обработки. Нарушения стехиометрии приводят к изменению многих физических свойств этих веществ, таких как способность к эмиссии электронов, электропроводимость, люминесценция и др. О структуре дефектов в нестехиометрических окислах щелочноземельных металлов имеют лишь косвенные данные.

В последнее время на кафедре экспериментальной физики ТГУ под руководством Ю.Ю. Халдре проводились исследования

радиационных дефектов в кристаллах SrO методом ЭПР и люминесцентными методами. Наряду с исследованием характерных для этого класса соединений дефектов (V^- , V_M , V_{O_n} , V^0 и др.), в облученных при низкой температуре рентгеновскими лучами кристаллах SrO обнаружен новый тип дырочных дефектов, связанных с присутствием в этих кристаллах избыточного кислорода - молекулярные ионы O_2^- . Эти ионы располагаются в анионных узлах решетки, ориентированы вдоль (100)-осей кристалла и не связаны с другими дефектами. Обнаружены также ассоциаты ионов O_2^- с различными структурными дефектами. Они образуются при тепловом разрушении ионов O_2^- ($T=160$ K) и некоторых других дырочных дефектов. Образование ионов O_2^- в процессе облучения может происходить либо при захвате дырки несвязанной парой междоузельного атома кислорода и иона O^{2-} в регулярном узле решетки, либо молекулой O_2^{2-} . Результаты проведенных нами экспериментов по отжигу O_2^- и F^+ -центров в пластически деформированных кристаллах SrO показывают, что в области температур разрушения ионов O_2^- (при 160 K) аннигиляции F^+ -центров не происходит. Следовательно, процесс разрушения ионов O_2^- связан с освобождением дырок с этих ионов и образованием молекул O_2^{2-} . Существование таких молекул было установлено нами ранее при изучении примесных ионов Pb^{3+} в кристаллах SrO-Pb.

PÕHIVÕREDEFEKTIDE UURIMISEST TSINKSULFIIDIS

A. Ots

Tsinksulfiidi uurimine TRÜ eksperimentaalfüüsika kateedris EPR meetodil algas 1966.a. Põhilisteks probleemideks sel ajal oli termostimuleeritud ja fotostimuleeritud laengu ümberkandumise protsesside märgi kindlaksmääramine ja nende protsesside osatähtsuse uurimine luminestsentsi tekkimisel tsinksulfiidis. Paralleelselt nende uurimistega kujunes välja ka uus probleem - F^+ -tsentrite struktuur ja tekkemehha-

nismid pressitud ZnS-luminofoorides. 4-5 aastase töö tulemusena õnnestus EPR abil kindlaks teha paljude laengu ümberkandumise protsesside märk, aga ka tuvastada F^+ -tsentri põhilised omadused pressitud ZnS-fosfoorides temperatuuride vahemikus 77 - 400 K. Edasine töö oli suunatud juba F^+ -tsentri omaduste ja tekkemehanismide uurimisele monokristallides. Füüsikakorpuse valmimise järel on oluliselt avardunud ka uurimisvõimalused. Vedela heeliumi ja kaasaegsete seadmete kasutuselevõtmine võimaldab EPR spektrite registreerimist laias temperatuurivahemikus 4 - 300 K. Lähemal ajal on võimalik sellises temperatuurivahemikus mõõta ka neeldumis- ja luminesentsispektreid. Siit avarduvad ka probleemid ZnS uurimisel. Lühidalt öeldes on need kristallvõre omadefektiide osa tsinksulfiidi fototundlikkuses ja luminesentsis madalatel temperatuuridel.

RÖNTGENOGRAAFILISEST UURIMISTÖÖST EKSPERIMENTAALFÜÜSIKA KATEEDRIS

A. Haav

1. Eksperimentaalfüüsika kateedri loomisest peale on kateedri üheks teadusliku töö suunaks olnud röntgenograafilised uuringud. Need uuringud on tihedalt seotud Tartus tehtava luminesentsialase uurimistööga.
2. Eksperimentaalse teadusliku töö tase sõltub oluliselt materiaalsest baasist. Seda arvestades võime röntgenograafilised uuringud jagada etappideks, sõltuvalt igal etapil kasutatavast aparatuurist.
3. Esimesel etapil kasutati röntgenogrammide saamiseks fotograafilist meetodit. Seega oli võimalik täpselt määrata ainult võrekonstante. Sellest tulenevalt olid uurimisobjektideks lumineseerivad tahked lahused. Õnnestus kindlaks teha paljude tahkete lahuste tüüp, võrekonstandi sõltuvus lahuse koostisest ja ühe komponendi teises lahustuvuse piirväärtus.

4. Difraktomeetrite ostmine ja nende evitamine lubasid rahuldava täpsusega mõõta ka refleksiivsusust. See omakorda võimaldas määrata mitme aine Debye-Walleri faktorid ja vastavad Debye temperatuurid.

5. Kõrg- ja madaltemperatuuriliste kaamerate saamise järel oli võimalik uurimistemaatikat veelgi laiendada. Nii on tehtud uuringuid polümorfsse üleminekutemperatuuri muutumise kohta lisandi mõjul, aga määratud ka mitme aine Debye temperatuuri sõltuvus temperatuurist.

6. KahekrüSTALLILISE SPEKTROMEETRIGA on alustatud epitaaksiaalkilede ja aluste võrekonstantide erinevuse määramisi. Ühtlasi on võimalik saadavatest andmetest arvutada kile ja aluse kõverusraadiused ja pinged. Nende uuringute eesmärgiks on kvaliteetse pooljuhtlaserite valmistamisele kaasaaitamine.

7. Suure hulga eksperimentaalsete andmete kogumine olemasolevate difraktomeetritega on väga töömahukas, sest mõõtmisi tehakse käsitsijuhtimisega. Selle puuduse kõrvaldamiseks on asunud difraktomeetrite töö automatiseerimisele. Nii on õnnestunud difraktomeeter ДРОН-2 muuta etteantud programmi järgi töötavaks. Jätkub universaalse automaatjuhtimissüsteemi ehitamine difraktomeetrile ДРОН -1.

8. Eksperimendist saadud mõõtmistulemuste töötlemiseks on kirjutatud ja evitatud suur hulk programme "Nairi" tüüpi arvutile. Olgu märgitud, et osa neist programmidest on kasutusel ka röntgenpraktikumis.

ZnS - ДАВНО, НО МАЛО ИССЛЕДОВАННЫЙ ФОСФОР

У. Нымм

Несмотря на давнее прикладное значение и длительную историю исследования ZnS-фосфоров, наши знания о них во многом уступают знаниям о других соединениях типа Al_2S_3 . Для CdTe, CdSe, CdS, ZnSe уникальными химическими и спектрос-

копическими исследованиями разгадана природа мелких доноров (Al, In, Cl, Br, F, I) и акцепторов (Li, Na, P, N, Cu). Установлена природа примесей и электронных переходов в неассоциированных донорно-акцепторных парах (НДАП).

Для ZnS эти данные практически отсутствуют. Установлена лишь природа парамагнитного А-центра и его связь с СА-полосой люминесценции. Но модели других центров, обуславливающих, например, G-Cu, B-Cu, B-Ag и др. полосы в ZnS находятся в стадии становления.

В докладе указывается на некоторые ошибочные, но считавшиеся до недавнего времени "краеугольными" положения (знак смещения СА-полосы с температурой, зависимость этого знака от вида представления спектра).

На конкретном примере ZnS-Cu фосфора показано, что спектр свечения можно разложить на колоколообразные элементарные полосы, причем смещение максимума спектра с интенсивностью возбуждения или временем затухания может быть обусловлено эффектом наложения этих элементарных полос, по разному зависящим от интенсивности полос.

Обсуждаются недостатки в доказательствах модели НДАП для объяснения G-Cu, B-Cu и СА-полос свечения в ZnS и делается вывод, что донорно-акцепторная природа этих полос до сих пор отнюдь не доказана.

TSINKSULFIID - AINULAADNE MATERJAL
VALGUSINDIKAATORITE TARBEKS

E. Talviste

Üsnagi perspektiivseks teabeilmestusvahendiks peetakse praegusajal elektroluminestsentsindikaatoreid. Neid on kaht liiki: alalisvooluga ergastatavad valgusdioidid ja tugeva vahelduvvälja toimel kiirgavad elektroluminestsentskondensaatorigid ehk -paneelid. Kuigi elektriväljas helendumise omadus on leitud enam kui viiekümnel tahkel ainel, on praktilist rakendust leidnud väga vähesed. Eriti käib see elektroluminest-

sentskondensaatorite kohta, kus alates nähtuse avastamisest G. Destriau poolt 1936. aastal kuni nõukogude [2] ja välismaa uurijate uuemate töödeni [3-5] on põhilist huvi pakkuvaks materjaliks üksnes tsinksulfiid (ZnS). Võrreldava efektiivsusega ainete otsingud ei ole seni andnud arvestatavaid tulemusi.

Sellise olukorra põhjuseks on autori arvates mitte elektroluminestsentsnähtuse erakordsus, vaid väheviljakas otsingustrateegia. Homogeenses tahkes aines areneb elektroluminestsents mõõduka tugevusega ($10^5 + 10^6$ V/m) elektrivälja toimel tõepoolest ainult siis, kui õnnestub täita terve rida erilisi tingimusi [6]. Palju suurema helenduse saame tugeva elektrivälja rakendamisel ($10^6 + 10^8$ V/m). Niisugune väli jaotub ka küllalt õhukeses ainekihis ($1-10 \mu\text{m}$) ebaühtlaselt. Siit järeldub, et efektiivne elektroluminestsents ei ole ühtlase aine, vaid teatava makroskoopilise struktuuri omadus. Praeguseini on valdav töödest [7, 8] lähtuv seisukoht, et parim struktuur elektroluminestsentsiks tugevas vahelduvväljas on Mott-Schottky tüüpi barjäär $(n)p^+ - (w)i^-$ pooljuht-heterosiirdel (näiteks $\text{Cu}_2\text{S}-\text{ZnS}$). Sellest seisukohast lähtuv vaadete süsteem ei ole kõikehõlmav [9].

Autor väidab, et tsinksulfiidi küllaltki efektiivne elektroluminestsents tugevas vahelduvväljas lähtub ZnS kristallide pinnal kujunenud (kvasi)keemilisest kaksikkihist. Loomulikult teel moodustub niisugune kaksikkiht vee adsorptsiooni tõttu. TRÜ elektroluminestsentsi ja pooljuhtide laboris tehtud katsete põhjal saab taolist kaksikkihti tsinksulfiidil moodustada mitmel teisel viisil. Tsinksulfiidi ainulaadsus elektroluminestsentsi jaoks seisneb niisiis selles, et tema jaoks on võimalik valida kaksikkihi moodustamiseks sobivaid adsorbaate. Teiste ainete puhul seisavad taolised otsingud veel ees.

Ei ole välistatud, et tahkefaasilisel kaksikkihil on oluline osa ka mitmetes teistes nähtustes nagu triboluminestsents, eksoemissioon ja mehhaanokeemilised reaktsioonid.

1. И.К. Вередагин. Электrolуминесценция твердых тел, "Знание", М., 1981.
2. Н.А. Власенко и др. Электrolуминесцентные тонкопленочные излучатели и их применение. "Знание", Киев, 1981.
3. K. Okamoto et al. Jap. J. Appl. Phys., 20, 1981, 215.
4. V. Marrello, A. Onton. J. Electrochem. Soc., 127, 1980, 2220.
5. T. Suntola et al. Sähkö. 53, 1980, 368.
6. М.В. Фок. В кн.: Тезисы докладов семинара "Электrolуминесцентные тонкопленочные излучатели и их применение", Ровно, 1981, с. 3.
7. W.W. Piper, F.E. Williams. Brit. J. Appl. Phys., 6, 1955, S39.
8. P. Zalm. Philips Res. Repts., 11, 1956, 353.
9. Э.К. Тальвисте. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного совещания по люминесценции, посвященного 90-летию со дня рождения академика С.И. Вавилова, Л., 1981, с. 235.

МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПРИ ДИСПЕРГИРОВАНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Л. Уйбо, А. Паз

При диспергировании (тонком измельчении) твердых тел происходит их активация. В результате активации реагентов можно осуществить ряд таких твердофазных реакций, которые в тех же условиях без активации не наблюдаются или же протекают очень медленно.

Исследовались реакции, происходящие в смесях щелочно-галлоидных кристаллов - реакции обмена и образование смешанных кристаллов. Установлено, что эти реакции происходят в основном после завершения диспергирования как результат активации реагентов в диспергирующем агрегате. На скорость реакции

оказывает существенное влияние присутствие влаги. Было определено, что присутствие паров воды увеличивает скорость диффузии реагентов к месту реакции, что и увеличивает скорость реакции.

Для изучения влияния диффузии на ход твердофазных реакций активированных реагентов реакции исследовались в ходе повышения температуры методами дериватографии. Исследовались реакции карбонатов щелочных металлов с окислами кремния и титана, происходящие в результате диспергирования реагентов в ходе последующего нагрева смеси.

Показано, что в результате диспергирования и активации реагентов происходит смещение в сторону низких температур реакции образования соответствующих силикатов и титанатов щелочных металлов.

В ряду реакции карбонатов щелочных металлов с окислами кремния и титаната можно отметить определенную закономерность: в гомологическом ряду при переходе от Li к Na и K доля реагентов, участвующих в реакциях при более низких температурах, значительно увеличивается, так что в случае реакции $K_2CO_3 + SiO_2$ реакция образования олигатов почти полностью происходит при температурах более низких, чем плавление K_2CO_3 .

MOLEKULIDE UURIMINE FOTOLEKTRONSPEKTROSKOOPIA MEEODIL

N. Villem, J. Villem, O. Saks

Molekuli fotoionisatsiooniprotsessis footon energiaga $h\nu$ neeldub täielikult ja ta energia kandub üle ainult ühele elektronile, mis seejärel eemaldub molekulist fotoelektronina. Osa koguenergiast kulub elektroni vabastamiseks (IE-ionisatsioonenergia), ülejäänud energia muutub fotoelektroni kineetiliseks energiaks Einsteini tuntud valemi kohaselt $E_{kin} = h\nu - IE$.

Molekulis seotud elektronil on diskreetsed energiatasemed. Kasutades eksperimendis monokromaatseid footoneid $h\nu = 21,22$ eV ja mõõtes fotoelektronide jaotust kineetiliste energiate järgi, saame vahetult teavet elektronide diskreetsetest energiatasemetest molekulis. Fotoelektronspektroskoopia (FES) võimaldab "visualiseerida" molekuli valentskihi kõigi orbitaalide energeetilist pilti, olles "eksperimentaalseks kvantkeemiaks".

Elektronid, mis on lokaliseeritud põhiliselt ühel aatomil (jagamatud elektronpaarid), ja π -elektronid annavad FE-spektris teravad tipud. Energiatasemete nihete määramine ühendite homoloogilistes ridades annab võimaluse molekuli struktuuri muutustega kaasnevate efektide mõõtmiseks, aga ka molekulisiseste interaktsioonide kvantitatiivseks hindamiseks.

Süstemaatilised uuringud on meil teostatud Si, Ge, S, Se ja Te aatomeid sisaldavates atsetüleeni- ja vinüülatsüleenides; metüül- ja halogeenasendatud aromaateses asiidides, nitrilides, isonitrilides ja isotsüanaatides; metoksubenseeni- ja bensodioxoolides; tsüklopropanides ja tsüklopropeenides; oksatolaanides; kolme- ja viievalentse fosfori ühendites; oksüraani tuletistes ning mitmetes heteroaatomsete molekulide rühmades - kogusummas umbes 300 ühendi kohta. Uuriti valentsorbitaalide energeetilisi nihkeid molekuli konformatsiooni muutumisel.

ГЕТЕРОЛАЗЕРЫ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ТИПА АІІІВУ В СПЕКТРОСКОПИИ И ГАЗОВОМ АНАЛИЗЕ

А. Розенталь

Квазинепрерывная перестройка частоты генерации инжекционных гетеролазеров температурой и током накачки позволяет создать компактные ИК абсорбционные спектрометры высокого разрешения (до 1 МГц) и избирательные анализаторы малых мо-

лекулярных составляющих атмосферы. В целом их рабочий спектральный участок определяется составом твердого раствора, применяемого в активной области гетеролазера. До сих пор рассматриваемыми спектральными приборами не был перекрыт весьма интересный интервал длин волн 1,5-3,5 мкм. Для его перекрытия следует привлечь гетеролазеры на твердых растворах полупроводниковых соединений АІІІВУ, например на $GaAlAsSb$, $InGaAsSb$, $InAsPSb$. Ожидается, что эти лазеры будут работать в непрерывном режиме вплоть до комнатных температур, чем они выгодно отличаются от лазеров на солях свинца для $\lambda > 3,5$ мкм, требующих для своей работы в качестве хладоагента жидкого гелия. В спектральном интервале 1,5-3,5 мкм интенсивность линий поглощения меньше, чем при $\lambda > 3,5$ мкм. Несмотря на это, обнаружительная способность газоанализаторов, основанных на методе модуляции частоты излучения гетеролазера и измерения на отдельной спектральной линии второй гармоники сигнала, может там составлять единицы и десятки миллиардных долей газовой примеси, если применять многоходовые оптические кюветы с базовой длиной 0,75 м. Для данных целей в секторе физики полупроводников Института физики АН ЭССР впервые созданы инжекционные $GaAlSb/GaSb$ гетеролазеры непрерывного действия, длина волны которых перестраивается в пределах 1,58-1,79 мкм при изменении температуры от 80 до 283 К.

ELEKTROLUMINESTSENTSKILEINDIKAATORITE
ELEKTRILISED OMADUSED

V. Vassiltsenko, A. Kask

Viimasel ajal leiaavad elektroluminesentsindikaatorid üha laialdasemat kasutamist informatsiooni edastamiseks elektroonikaseadmetes. Valgusdiodide korval on perspektiivsemateks elektroluminesentskilekondensaatorid. Ettekandes vaadeldakse elektroluminesentskilekondensaatoreid, mille-

des ZnS:Mn luminofoori kiht asetseb kahe dielektrilise Y_2O_3 kile vahel.

Elektroluminesentsindikaatorite kasutamisel, ja ka seeriatootmise tehnoloogia väljatöötamisel, on vajalik nende elektriliste omaduste tundmine. Ettekandes esitatakse mainitud elektroluminesentsindikaatori ekvivalentskeem, mis kirjeldab indikaatori elektrilisi omadusi laialdases sageduspiirkonnas ja suures pingete vahemikus, analüüsitakse selle erijuhte. Elektroluminesentsindikaatori keerulise aseptseemi tõttu, arvestades ka indikaatori karakteristikute suurt mittelineaarsust, kerkib küsimus, mida ja kuidas mõõta. Ettekandes vaadeldakse elektroluminesentskilekondensaatorite elektriliste parameetrite süsteemi ning nende parameetrite olulisust kondensaatorite praktilisel kasutamisel. Samuti tuuakse mõningad nende parameetrite määramise meetodikad. Vaadeldakse mõningaid probleeme, mis on seotud elektroluminesentskilekondensaatorite elektriliste parameetrite muutumisega formeerumise käigus.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

В. Васильченко, Л. Матизен

Рассматриваются тонкопленочные электролюминесцентные излучатели переменного тока на основе слоя ZnS:Mn, заключенного между двумя диэлектрическими слоями Y_2O_3 . Обсуждаются преимущества подобных излучателей для создания систем отображения информации и для изучения физики происходящих в них процессов, в частности исследования механизма освобождения электронов электрическим полем с глубоких уровней захвата. Приводятся основные характеристики таких излучателей, рассматривается механизм возбуждения электролюминесценции, а также возможные причины, приводящие к появлению гистерезиса вольт-яркостной характеристики. Формулируют-

ся условия, необходимые для получения максимальной ширины петли гистерезиса.

VAAKUMSEADMETE KONSTRUEERIMISEST JA EHITAMISEST
OPTOELEKTRONIKA JA ELEKTRONIKA TARBEKS
KILEELEMENTIDE VALMISTAMISEKS

A.-A. Tammik

Korratavate ja stabiilsete füüsikalise-tehnoloogiliste parameetritega kileliste uurimisobjektide valmistamine ja uurimine on mõeldamatu ilma õlivaba ülikõrgvaakumi seadmeteta. Eriti tähtis on puhas ülikõrgvaakum epitaksiaalsete kihtide saamisel molekulaar- ja ioonepitaksia meetoditel.

Alljärgnevatest laboratooriumis kasutatavatest vaakumpumpadest veejoa-, sorptsioon-, ning orbitron-sublimatsioonpump on konstrueeritud ja ehitatud laboratooriumis, kuna aga kaarleekpump on meie vajadustele kohandatud Harkovi FÜÜSika-Tehnika Instituudis väljatöötatud pumba konstruktsiooni alusel.

Suletud toitesüsteemiga veejoapumpa kasutame töötamiseks õhurõhust kuni ≈ 20 mmHg. Järgmiseks astmeks on sorptsioonpump kuni rõhuni 10^{-2} mmHg. Sorptsioonpumba töötamise lihtsustamiseks kasutame tema degaseerimiseks veejoapumpa.

Olenevalt vajadusest kasutame nüüd järgmise astme pumbana kas ioon-getter pumba (süsteemis, kus väike gaaside eraldumine tööprotsessis, piirvaakum 10^{-10} mmHg) või kaarlahendus- (piirvaakum $5 \cdot 10^{-7}$ mmHg). Kaarlahendus- pumba oma suure tootlikkuse tõttu (2000-4000 l/s) on hea kasutada suure sisepinnaga vaakumseadmete degaseerimiseks ja kilede aurutamiseks vaakumis 10^{-5} - 10^{-6} mmHg.

Et ioon-getterpumbad on väikese tootlikkusega, siis kasutame ülikõrgvaakumi (10^{-5} - 10^{-10} mmHg) saamiseks vaakumseadmetes, kus on tööprotsessis suur gaaside eraldumine, orbitron-

sublimatsioonpumpa.

On konstrueeritud ja valmistatud ka täismetalltihendid kuni diameetriteni 450 mm ja ventiilid kuni ava mõõudeni Dy-200.

Kõik pumbad, tihendid, ventiilid ja muud vaakumsüsteemide detailid on katsetatud ja töötavad degaseerimistemperatuuridel kuni 350-400°C ja tagavad vaakumsüsteemi hermeetilisuse.

Tihendite konstruktsioon võimaldab neid kasutada korduvalt vaakumsüsteemi sama ühendussõlme montaažil.

Nende üksiksõlmede baasil on võimalik kilede tootmiseks ja uurimiseks komplekteerida vajalikku vaakumaparatuuri.

ADSORPTSIOONI-DESORPTSIOONIPROTSESSIDE MÕJUST NÕRKADE VOOLUDE MÕÖTMISEL

J. Hämälä

Elektromeetriliste voolumõõturite tundlikkus on piiratud ajas suvaliselt muutuvate parasitvooludega ehk nn. voolumüradega. Voolumürade tuntud komponentideks on ioniseeriva kiirguse toimega gaasides ja isolaatori poolt genereeritava vooluga seotud komponendid. Hoopis tähelepanuta on jäänud pinnanähtustega seotud voolumürade komponentide uurimine. Osutub, et 10^{-16} A-st väiksemate voolude mõõtmisel võivad üldises voolumüras olulist osa etendada adsorptsiooni-desorptsiooniprotsessid võimendi sisendahela elementide pindadel. Gaaside adsorptsioon sisendahela elementide pindadel, muutes nendevahelist kontaktpotentsiaalide vahet, tekitab teatud voolumüra.

Adsorptsiooni-desorptsiooniprotsesside mõju uurimiseks voolumürade suurusele on valmistatud mõõteseadis koos vastava mõõtekambriga. Mõõteseadis kujutab endast integreerivas režiimis töötavat dünaamilise kondensaatoriga võimendit. Vaakuumeeritavas silinderkondensaatortüüpi mõõtekambris, mis on

ühendatud mõõteseadise sisendiga, on võimalik luua temperatuuride- ja potentsiaalide vahet elektroodide vahel.

Mõõtmistulemuste põhjal esitatava illustreeriva materjali abil tõestatakse, et mõõtekambri vaakumeerimisest ja temperatuuride vahe tekitamisest tingitud muutused voolumürade suuruses võivad olla seletatud ainult adsorptsiooni-desorptsiooniprotsessidega mõõtekambri elektroodide pindadel.

Adsorptsiooni-desorptsiooniprotsessidest tingitud voolumürade keskmine suurus mõõtekambri ühe pikofaradi mahtuvuse kohta on $2,3 \cdot 10^{-17}$ A/K.pF.

TERAOMMEETRITE HÄIREKINDLUSEST

M. Anso, M. Pärn, O. Saks, V.Šor

Madala täpsusklassiga (2-20%) analoogteraommeetrid on kõige massilisemalt kasutatav kõrgeoomiliste takistuste mõõturite liik. Mõningad sellised teraommeetrid, näiteks E6-13, E6-14, võimaldavad teha kõrgeoomiliste objektide mõõtmisi ainult ekraneerivas kambri; teised, näiteks E6-3, - ilma kambrita. Puljud tarbijad eelistavad teraommeetreid, milles ei nõua ekraneeriva kambri kasutamist.

Ekraneerimata objekti puhul pääsevad teraommeetri sisenisse parasiitsignaalid (häired), mis võivad mõjustada mõõtmistulemust. Häired satuvad teraommeetrisse peamiselt parasiitmahtuvuste kaudu. Praktiliselt on olulisemad toitevõrgusageduslikud häired ja häired, mida põhjustavad liikuvad objektid, sealhulgas ka mõõtmisi teostav operaator.

Kõik tulemusi häirekindluse tõstmisel võib saada häiresignaali sagedusel kohaliku mahtuvusliku tagasisideahela ja võimendis seesmise madalpääsefiltri kasutamiseega. Sel puhul teraommeetri kiiretoimelisus ei vähene, aga ülekandeegur häiresignaali suhtes võib olla rohkem kui 80 dB väiksem ülekandeegurist kasuliku signaali suhtes [1].

Suureoomiliste mõõtetakistite ajalise ebastabiilsuse tõttu eelistatakse mõõteelemendina mõnikord täppiskondensaa-

torit. Sel puhul on teraommeetri aluseks integreeriv võimendi. Ka siin on võimalik kasutada vahelduvhäirepingete maha-surumiseks ülalkirjeldatud meetodit. Lisaks sellele võib teraommeetri võimendis häirepinge mõju vähendamiseks kasutada integreerimisperioodi, mis on võrgupinge perioodi kordne [2].

Kirjandus

1. Ансо М.Х. Помехоустойчивый тераомметр.- Приборы и техника эксперимента (в печати).
2. Пярн М.М., Сакс О.В., Шор В.Г. О проблеме помехоустойчивости аналоговых тераомметров. Тезисы докл. научн.-техн. сов. "Вопросы динамики электрометрической аппаратуры". Тарту, 1982, с. 39-40.

MDM-VÕIMENDI DÜNAAMILISED OMADUSED MITMESUGUSTE SÜNKROONDETEKTORITE PUHUL

M. Roos

MDM-võimendi sisendsignaali sagedusest sõltuvad väljundsignaali moonutused võib jaotada lineaarmoonutusteks, faasimoonutusteks ja kombinatsioonilistest sagedustest põhjustatud ebalineaarmoonutusteks. Väljundsignaali lineaarmoonutuste suurus on määratud võimendi amplituud-sageduskarakteristikuga (AK), faasimoonutused - faasi-sageduskarakteristikuga (FK). Pulsatsiooni poolt tekitatud viga võib mõõta kombinatsioonilistest sagedustest põhjustatud ebalineaarmoonutuste teguriga (K_p).

Kirjanduses puuduvad tööd, mis võimaldaksid mitmesuguste muundi tüüpidega MDM-võimendite dünaamiliste omaduste võrdlemist eespoolnimetatud parameetrite põhjal. Käesolev töö on pühendatud harmoonilise modulaatoriga (näit. dünaamiline kondensaator, varikapmodulaator vms.) MDM-võimendi AK, FK ja K_p määramisele mitmesuguste sünkroondetektorite (SD) tüü-

pide kasutamise korral. Töös on leitud analüütilised avaldised signaali kirjeldamiseks SD väljundis kuut erinevat tüüpi SD jaoks. Need avaldised võimaldavad määrata nii AK ja FK kui ka K_p . On arvatud välja ka nimetatud kolme parameetri arvulised väärtused ja joonestatud vastavad graafikud sissesignaali sagedustele nullist kuni modulatsioonisageduseni.

Arvutustulemused näitavad, et laialdaselt kasutatavate pool- ja täisperiood- ning balanss-SD [1] rakendamisel on pulsatsioon võimendi väljundis palju suurem kui ülejäänud kolme vaadeldud SD tüübi korral. Tulemuste analüüsist järeldub, et MDM-võimendi läbilaskeriba laiendamiseks on otstarbekam kasutada nimetatud kolme väiksema pulsatsiooniga SD tüüpi. Töö tulemusi saab rakendada harmoonilise modulaatoriga MDM-võimendi jaoks sobiva SD tüübi valimisel.

Kirjandus

- I. Дехтяренко П.И. Синхронное детектирование в измерительной технике и автоматике. Киев, "Техника", 1965.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ИОНИЗАЦИИ АТМОСФЕРЫ В ТАРТУ

Я. Рейнет

1. В 1950 году Я.Ю. Рейнет сконструировал оригинальный комбинированный счетчик и чувствительный (200 дел/В) механический электрометр [1, 2], с помощью которого Х.Э. Марран и Я.Ю. Рейнет в 1951 году провели измерения атмосферной ионизации в Тарту.

2. Концентрации ионов измерялись в течение всего года, каждый месяц в течение четырех недель (28 дней), причем в остальные оставшиеся свободными 2-3 дня в месяц проводилась чистка счетчиков и зарядка аккумуляторов. Измерения проводились по четкому плану одновременно с измерением метеорологических элементов в Тартуской метеообсерватории. Измеряли концентрации молионов (n_1^+ , предельная подвижность $k_{c1} = 1,0 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$), легких (n_2^+ , $k_{c2} = 0,1 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$), средних и полутяжелых (N_1^+ , границы пределов подвижности $0,1 > k \geq 0,001$) и тяжелых (N_2^+ , границы пределов подвижности $0,001 > k \geq 0,00025$) ионов; причем было проведено 19940 визуальных измерений. Было проведено одинаковое число измерений концентраций положительных и отрицательных ионов. Результатом работы были две диссертации (Х.Э. Марран и Я.Ю. Рейнет), краткие аннотации которых опубликованы в Ученых записках ТГУ [3, 4].

3. В 1952-56 гг. Я.Ю. Рейнет исследовал спектр легких атмосферных ионов [5]. Эта работа была переведена в 1980 г. по просьбе ученых Франции и США на английский язык и краткий обзор ее был опубликован в Манчестере [6].

4. В 1960-63 гг. П.К. Прюллер провел с помощью упомянутого счетчика атмосферных ионов (который был снабжен автоматическим фоторегистратором, сконструированным О.В. Саксом [7]) измерения концентраций атмосферных ионов в Тарту.

Одновременно измерялись и метеорологические элементы. Результаты работы проанализованы в диссертации П.К. Приллера, обзор которой опубликован в Ученых записках ТГУ [8].

5. Исследования атмосферной ионизации, проведенные П.К. Приллером и Я.Ю. Рейнетом в Тарту, опубликованы в 13 научных сборниках в СССР и в 14 сборниках за рубежом, причем результаты исследовательской работы докладывались на II международных конгрессах.

Литература

1. Рейнет Я.Ю. Комбинированный счетчик атмосферных ионов. - Ин-т науч. и техн. информ. АН СССР. Приборы и стенды. Тема 4, № ПС-55-409, М., 1955, 1-17.
2. Рейнет Я.Ю. Комбинированный счетчик атмосферных ионов. - Тр. Гл. геофиз. обсерв. им. А.И. Воейкова, Л., 1956, 58(120), 23-30.
3. Рейнет Я.Ю. Об изменениях ионизации атмосферы в г. Тарту в течение годовичного периода. Уч. зап. ТГУ, Тарту, 1958, 59, 71-107.
4. Марран Х.Э. Об исследовании связей между плотностью атмосферных ионов и метеорологическими элементами. Уч. зап. ТГУ, Тарту, 1958, 59, 108-130.
5. Reinet, J. Kergeteioonide tiheduse karakteristikuid. - Loodus ja matemaatika. Täppisteaduste sektsiooni toimetused. I, 1959, 93-119.
6. Reinet, J. Characteristics of the Concentrations of Small air ions. - Abstracts VI International Conference of Atmospheric Electricity. University of Manchester Institute of Science and Technology, 28th July - 1st August, 1980, Session 1-B-8.
7. Приллер П.К., Сакс О.В. Счетчик атмосферных ионов с автоматическим фоторегистратором и динамическим электрометром. Уч. зап. ТГУ, Тарту, 1970, 240, 32-60.
8. Приллер П.К. Исследование спектра атмосферных ионов, гигиеническое и биометеорологическое значение ионизации атмосферы по данным измерения в г. Тарту. Уч. зап. ТГУ,

РАБОТЫ ПО СПЕКТРОМЕТРИИ АЭРОИОНОВ
В ТАРТУСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Я. Сальм

В настоящем докладе кратко рассматриваются работы по методам и приборам спектрометрии аэроионов, выполненные в Тартуском государственном университете. В 1950 г. Я.Ю. Рейнетом был сконструирован комбинированный стационарный аспирационный счетчик легких и тяжелых аэроионов с механическим электрометром. О.В. Сакс в конце 50-х годов усовершенствовал этот комбинированный счетчик, дополнив его устройством фоторегистрации результатов, устранив поляризационные явления на изоляторах в измерительном конденсаторе тяжелых аэроионов и испытав динамический электрометр в качестве измерителя силы тока аэроионов. В то же время Я.Ю. Рейнет организовал изготовление переносных счетчиков аэроионов с механическим электрометром. Я.И. Сальмом был сконструирован портативный счетчик аэроионов с динамическим электрометром. С 1960 г. начинается большой цикл теоретических и экспериментальных работ, предпринятых Х.Ф. Тамметом по аспирационному методу измерения спектра аэроионов. Им создана обобщенная теория идеального аспирационного спектрометра аэроионов, изучены многие искажающие эффекты, разработан универсальный портативный счетчик аэроионов типа САИ-ТГУ-65 (который вместе с последующими модификациями распространен в многочисленных организациях и предприятиях), развита теория обработки первичных данных измерения спектрометром аэроионов (с применением ЭВМ), решены многие проблемы построения спектрометров аэроионов. Результаты его работ сведены в двух монографиях. Отдельные вопросы теории и проектирования счетчиков и спектрометров аэроионов решены Я.И. Сальмом, Я.Ю. Рейнетом, Р.Л. Матизеном, В.Я. Ирдом, Ф.Г. Миллером и др. Я.И. Сальмом изучено искажающее

действие молекулярной и турбулентной диффузии в спектрометрах аэроионов. Он же вместе с Х.Ф. Тамметом и А.Ф. Якобсоном спроектировал и изготовил многоканальный автоматический спектрометр аэроионов типа УТ - 7205, который используется в качестве гранулометра аэрозоля в Институте физики атмосферы АН СССР. Получено всего 16 авторских свидетельств на счетчики и спектрометры аэроионов, публикаций насчитывается около 100.

GAASLAHENDUSALASED UURIMUSED TRÜ-s 1945.-1982.a.

K. Kudu

1. Esimesed gaaslahendusosalased diplomitööd TRÜ-s kaitsiti 1960.a. Koosseisulised kohad AEL-i gaaslahendussektori moodustamiseks eraldati ENSV Ministrite Nõukogu otsusega 1974.a. Käesoleval ajal tegeleb gaaslahenduse uurimisega TRÜ-s 5 koosseisulist teaduslikku töötajat (+3 tehnilist töötajat) ja 3 õppejõudu.

2. Gaaslahendussektori uurimisobjektiks on üheelektroodne lahendus alalis- ja kõrgsageduspingel. Peamiseks eksperimentitehnikaks on kiiretoimelised fotokordistid koos registreerimisaparatuuriga (ajaline lahutusvõime mõni nanosekund) ja elektronoptiline muundi koos valgusvõimendiga, nn. ajaaluup.

3. Tähtsamateks tulemusteks alalispinge lahenduse uurimisel on: a) koroonaimpulsside (striimerid, Tricheli impulssid) ajalis-ruumilise arengu kindlakstegemine õhus normaalingimustel (M. Laan, A. Haljaste, M. Aints), b) tundliku haloidide indikaatori - tundlikkus mitte alla $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ joo-di õhus normaalingimustel - konstrueerimine ja katsetamine (A. Hilpus, H. Roos).

4. Tähtsamateks tulemusteks kõrgsageduslahenduse uurimisel õhus on: a) kõrgsageduslahenduse lävepinge mõõtmine sagedustel 25 kHz - 1,4 MHz (H. Korge), b) lahenduse sitti-

misele eelnevate impulsside avastamine (V. Veimer), c) lahenduse algstaadiumite fotografeerimine (V. Veimer), d) lahenduse ajalisi-ruumilise arengu kindlakstegemine lahenduse algstaadiumis (M. Laan, A. Haljaste, M. Aints), e) sirgjooneliselt etteantud suunas levivate pikkade (kuni 0,5 m) lahendusimpulsside tekitamine (M. Aints, A. Haljaste). Hende tulemuste põhjal võib väita, et kõrgsageduslahendus süttib striimeri või Tricheli impulssiga sarnasest impulsist, mis tekib vastavalt kõrgsageduspinge ühel positiivsel või negatiivsel poolperioodil, kuid võrreldes alalispingega märgatavalt madalamal pingel - seda madalamal, mida kõrgem on sagedus. Tingimused lävepinge vähendamiseks loovad lahenduseelised impulsid. Otsustav roll kõrgsageduslahenduse arengus on striimeri kanalil. Selles levivad ionisatsioonilained suurendavad kanali juhtivust, võimaldades uue striimeri tekimist eelmise kanali tipust, misjärel protsess kordub.

Tööde tulemused on avaldatud artiklitena TRÜ toimetistes alates 1970.a., M. Laane 1980.a. kaitstud kandidaadiväitikirjas ja 16 ettekandena 13 rahvusvahelisel gaaslahenduskonverentsil alates 1969.a.

AEROSOOLIDE ELEKTRILISE SPEKTROMEETRIA ALASTEST UURIMISTÖÖDEST AEL-is

E. Tamm

Termin "aerosooli spektromeetria" tähistab meetodeid aerosooliosakeste kontsentratsiooni jaotuse määramiseks mingi spektraalargumendi, kõige sagedamini osakese lineaarmõõtme järgi. Sealjuures kasutatakse osakeste mehaanilisi, optilisi, elektrilisi jne. omadusi.

Osakeste elektriliste omaduste kasutamisel põhineva elektrilise spektromeetria meetodi korral laetakse osakesed elektriliselt uni- või bipolaarses ionatmosfääris etteantud laadimistingimustes, mõõdetakse osakeste poolt ülekantava voolu sõltuvus osakese elektrilisest liikuvusest aspiratsioon-

nimeetodil ja tulemustest arvutatakse osakeste spekter. Pa-
rema lahutusvõime ja tundlikkuse saab osakeste laadimisel
unipolaarses ioonatmosferaaris. Unipolaarse laadimisega elekt-
rilise spektromeetria meetod on tuntud juba meie sajandi
20-ndatest aastatest. Minnesota ülikooli teadlaste ja firma
"Thermo-Systems" koostööna on välja arendatud tööstuslikult
toodetav elektriline spektromeeter.

TRÜ Aeroionisatsiooni ja Elektroaerosoolide Laboratoo-
riumis (AEL) on viimase kümne aasta jooksul koostöös TPedI
füüsika kateedriga (prof. H. Tammet) töötatud aerosooli
elektrilise spektromeetria meetodi täiustamisel ja arenda-
misel. Tööd on tehtud neljas põhisuunas:

- 1) meetodi teooria arendamine;
- 2) aerosooli paljukanaliliste spektromeetrite konstru-
eerimine ja ehitamine;
- 3) spektromeetrite katselise gradueerimise meetodite
teooria ja tehnika väljatöötamine;
- 4) andmetötluse meetodite arendamine.

Tööde tulemusena on välja töötatud ja ehitatud laia
mõõtepiirkonnaga paljukanaliline elektriline spektromeeter,
mis võib töötada nii autonoomselt tulemuste perfolindile
salvestamise režiimis kui ka liinil miniarvutiga. Jätkuvad
tööd gradueerimise ja andmetötluse meetodite alal, samuti
muudetava mõõtepiirkonnaga spektromeetrite loomisel.

ОБ АЭРОЗОЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРАХ, СОЗДАННЫХ В ПРОБЛЕМНОЙ ЛАБОРАТОРИИ АЭРОИОНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРОАЭРОЗОЛЕЙ

Л. Виснапуу

Из 90 изобретений, созданных проблемной лабораторией
аэроионизации и электроаэрозольей к началу 1982 г., 37 отно-
сятся к аэрозольным генераторам. Это различные устройства,
предназначенные для диспергирования жидких составов в целях
лечебных и профилактических ингаляций, увлажнения и дезинфек-

ции воздуха и поверхностей, подавления пыли.

Большинство разработанных аэрозольных генераторов позволяет получить электрически заряженный распыл (электроаэрозоль), осаждающийся на поверхности быстрее, равномернее и с меньшими потерями, чем незаряженный.

Электроаэрозольные генераторы индивидуальный ГЭИ-1 (авт. св. СССР № 303080, 306851, 337133) и групповой ГЭГ-2 (авт. св. СССР № 395088) серийно выпускаются Харьковским заводом "Точмедприбор" и широко используются в медицинской практике.

Электроаэрозольное устройство для групповой вакцинации (авт. св. СССР № 387744, 389789) и распылитель с индуцирующим электродом (авт. св. СССР № 314527, 387744) успешно применяются в животноводческих и птицеводческих хозяйствах, а также в текстильной промышленности.

Экономический эффект от использования указанных электроаэрозольных генераторов в народном хозяйстве за годы десятой пятилетки составил более 10 млн. руб.

ОБ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМНОЙ ЛАБОРАТОРИИ АЭРОИОНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРОАЭРОЗОЛЕЙ

Л. Валковая, Л. Виснапу

Основой создания проблемной лаборатории аэроионизации и электроаэрозолей (ПЛАЭ) были научно-исследовательские работы группы физиков, в которую входили Я.Ю. Рейнет, П. К. Приклер, О.В. Сакс, Я.И. Сальм, Э.И. Тамм, Х.Ф. Таммет и Л.Ю. Виснапу, занимавшиеся все изобретательством. Это обстоятельство оказалось впоследствии залогом плодотворной изобретательской деятельности лаборатории. Основателю ПЛАЭ доц. Я.Ю. Рейнету присвоено почетное звание заслуженного изобретателя Эстонской ССР.

К началу 1982 г. из четырех научных руководителей и 18 штатных сотрудников лаборатории изобретателями являются 12, а общее число созданных изобретений составляет 90. Темати-

чески эти изобретения распределены следующим образом:

генераторы аэрозолей	37
устройства для создания и измерения концентрации ионов	27
устройства для очистки и утилизации отходов	10
электрометрические устройства	6
прочие	10

Наиболее активными изобретателями являются ст.н.с. Л.Ю. Виснапуу (38 изобретений), доц. Я.Ю. Рейнет (28), с. препод. Я.И. Сальм (13). Пять сотрудников лаборатории окончили Центральный патентный институт и, кроме основной специальности, имеют квалификацию патентоведа.

Большинство работ лаборатории выполняется на уровне изобретений. Так, например, генератор электроаэрозолей для аппаратов искусственного дыхания ГЭИД-1, генератор электроаэрозолей индивидуальный ГЭИ-1, генератор электроаэрозолей групповой ГЭГ-2, разработанные совместно с ВНИИ медицинского приборостроения и находящиеся в серийном производстве, защищены авторскими свидетельствами № 131456, 192365, 303080, 306851, 337133, 395088. В устройствах для вакцинации скота и птицы использованы авт. св. № 387744, 389789.

В счетчиках аэроионов, изготовленных Тартуским государственным университетом десяткам заказчиков, реализованы авт. св. № 120272, 147822, 212374, 586514. Коронные ионизаторы воздуха, около 20 лет успешно применявшиеся в Тартуской клинической больнице, защищены авт. св. № 107932, 115904.

Большое значение для охраны окружающей среды имеют разработанные в ШЛЭ печь для сжигания сточных вод (авт. св. № 578525), устройство для смешивания (авт. св. № 633575), ротационная форсунка (авт. св. № 645000), устройство для перемешивания жидких сред (авт. св. № 701681), вертикальный центробежный насос (авт. св. № 715825), топка для сжигания отходов (авт. св. № 894293).

Изобретения по авт. св. № 162238, 198439, 813259, 892493 позволили существенно улучшить основные метрологические параметры электрометрических устройств.

Спектрометр аэрозольных частиц с широким пределом измерения, разработанный ШАЭ, защищен авт. св. № 890156.

TRÜ ÕHUELEKTRILISEST VÄLIBAASIST VILSANDIL

M. Arold

TRÜ Aeroionisatsiooni ja elektroaerosoolide laboratoorium on aastaid tegelnud uute õhuelektriliste riistade väljatöötamise ja valmistamisega teiste teadusasutuste tarvis, kus neid ka edukalt kasutatakse. Vajadus alustada välimõõtmisi oli ühelt poolt laboratooriumi arengu loomulik tulemus (loodav aparatuur vajas katsetamist) ja teiselt poolt tingitud vajadusest mõõta inimtegevuse mõjul juba muutuvat õhuelektrilist fooni.

Kliimaatilistel, organisatsioonilistel ja majandusgeograafilistel põhjustel osutus välibaasile sobivaimaks kohaks Vilsandi saar.

On rajatud vaatluspõlügen ja saadud esimesed mõõtmistulemused. Päevakorras seisab mõõtekompleksi automatiseerimine ja pikaajaliste vaatlusriidade alustamine.

AEROIOONIDE LIIKUVUSSPEKTRI SÕLTUVUS ÕHU LISANDITEST

J. Salm, H. Iher

Esimesed andmed kergete aeroioonide liikuvusspektri sõltuvuse kohta mõningatest õhu keemilistest lisanditest on avaldatud H. Tammeti poolt 1975.a. Käesolevas töös on uuritud spetsiaalse kõrgendatud lahutusvõimega aeroioonide spektromeetri abil enam kui 100 keemilise lisandi mõju nii positiivsete kui negatiivsete kergete aeroioonide liikuvusspekt-rile. Tugevat mõju liikuvusspekt-rile avaldavad: 1) anorgaa-

nilistest ainetest F_2 , Cl_2 , Br_2 , J_2 , O_3 , H_2O_2 , HCl , NO_2 , HNO_3 ; 2) aromaatsetest süsivesinikest - benseen; 3) halogeene sisaldavatest orgaanilistest ainetest - difluoroklorometaan, triklorometaan, trikloroeteen; 4) eetritest ja estritest - etüülmetaan, tetrahüdrofuraan; 5) amiinidest ja aminoalkoholidest - dimetüülformamiid, dietüülaniliin, etüleendiamiin; 6) aldehüüdidest ja ketoonidest - atsetoon; 7) orgaanilistest hapetest - kloroetaanhape, trikloroetaanhape, metaanhape; 8) muudest orgaanilistest ainetest - aniliiniumkloriid, dimetüülsulfoksiid, püridiiniumkloriid, etüülsellosolv.

Ülalnimetatud rühmades ning alkoholide ja fenoolide hulgas leidus veel nõrgalt mõjuvaid aineid. Alkaanide hulgas ei leitud mõjuvaid aineid. Mõned ained mõjuvad positiivsete, mõned negatiivsete aeroioonide spektritele, mõned ühelaadselt, mõned spetsiifiliselt.

AEROSOOLIOSAKESTE SPEKTRI EVOLUTSIOONIST

E. Sula

Reaalse aerosooli osakeste jaotusfunktsioon raadiuse järgi kujuneb välja mitmesuguste füüsikaliste protsesside toimetel, millest olulisemad on koagulatsioon, kondensatsioon ja sadestumisprotsessid. Aerosoolis toimuvad füüsikalised protsessid sõltuvad osakeste jaotusest läbimõõdu järgi.

Atmosfääriaerosooli uurimise seisukohalt on huvipakkuvad aerosoolid, milles toimub osakeste pidev juurde- ja ära-vool. Taolises süsteemis saavutab osakeste jaotusfunktsioon statsionaarsuse, mis võib-olla selgitab atmosfääriaerosooli nn. Junge jaotuse olemasolu.

Enamus aerosooli tekemehhanisme annab osakeste logaritmilis-normaalse jaotuse osakeste läbimõõdu järgi. Osakeste spektri ajalise muutumise uurimine näitab, et pidevalt töötava allika korral kambris säilib osakeste logaritmilis-normaalne jaotus. Statsionaarse jaotusfunktsiooni laius on

praktiliselt võrdne algjaotuse laiusega. Suureneb ainult keskmine läbimõõt. Katsed tehti tahkete NaCl osakestega, mille keskmine läbimõõt oli 0,14 μm .

Osakeste spektri evolutsiooni kirjeldava kineetilise võrrandi lahend on eksperimendiga heas kooskõlas.

Osakeste statsionaarse jaotuse määramised võimaldavad uurida sadestumisprotsesse, sest statsionaarset jaotusfunktsiooni on võimalik mõõta suure täpsusega.

OSAKESTE LIIKUVUSE PALJUKANALILINE ANALÜSAATOR MUUDETAVA MÕÕTEPIIRKONNAGA

A. Mirme, I. Peil

Aeratsioonide kontsentratsiooni õhus ning aerosoolispektreid saab uurida osakeste elektrilise liikuvuse määramise teel.

Kõige enam kasutatakse selleks elektrilist aspiratsioonimeetodit, mis põhineb laetud osakeste elektrostaatiliselt välja abil õhuvoolust elektroodidele sadestamisel tekkiva laengu või voolutugevuse määramisel. Parimaid tulemusi saavutatakse seejuures II järku diferentsiaalsete määramiskondensaatorite kasutamisel. Viimaste puhul on diferentseeritud nii aerosoolivoolu sisend kui ka määramiselektroodid.

Et suurendada paljukanalilise spektromeetri lahutusvõimet, peab olema võimalik sellel määramiskonnaga laadust ja määramisepiire muuta. Määramiskonnaga on võimalik muuta spektromeetrit, milles kasutatakse põhimõtteliselt uue konstruktsiooniga aspiratsioonikondensaatorit. Kondensaatoril on osadeks jaotatud mõlemad katted, mis võimaldabki eri osadele erinevate pingete rakendamisega valida sobivaid määramiskondi.

AEL-is on sel põhimõttel välja töötatud ning ehitatud muudetava määramiskonnaga paljukanaliline spektromeeter. Seadet saab kasutada suure lahutusvõimega analüsaatorina

osakeste laadumisprotsessi uurimisel; osakeste muudetava mõõ-
tepiirkonnaga spektromeetrina ning osakeste laiapiirkonnali-
se elektrilise spektromeetrina, milles difusiooniliselt lae-
tud aerosooli suuremad osakesed laetakse ümber tugevas elekt-
riväljas pärast väikeste osakeste väljasadestamist.

ОБ УЧЕТЕ ОШИБОК ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТНОЙ МАТРИЦЫ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ СПЕКТРА В СПЕКТРОСКОПИИ

М. Ноппель

При статистической оценке спектра в теории линейной ко-
нечномерной спектрометрии [1] аппаратная матрица G в преоб-
разовании

$$\left. \begin{aligned} \varphi_i &= \bar{\varphi}_i + u_i, \\ \bar{\varphi}_i &= \sum_{j=1}^m G_{ij} \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (i = 1, \dots, n), \quad (I)$$

где φ - искомый спектр, φ - запись спектрометра, $\bar{\varphi}$ - сред-
няя запись, u - аппаратный шум, предполагается точно из-
вестной. На практике известна лишь некоторая приближенная
оценка оператора G .

Пусть ошибки элементов матрицы случайные. Существуют
изменения в записи, которые компенсируют ошибки матрицы. Вли-
яние ошибок матрицы можно учитывать, рассматривая запись как
сумму двух случайных величин - $(\bar{\varphi} + u)$ и некоторой величи-
ны v , связанной с неопределенностью G . Если C - ковари-
ационная матрица ошибок G , то ковариационная матрица C'
случайной величины v выражается в виде $C' = KCK^T$, где
матрица K , осуществляющая перевод ошибок G в v , зависит
только от φ . Если C диагональна, то C' имеет следующий
вид

$$C'_{ij} = \delta_{ij} \left(\sum_{k=1}^m \varphi_k^2 \sigma_{jk}^2 \right) \quad (i, j = 1, \dots, n), \quad (2)$$

где δ_{ij} - символ Кронекера, σ_{jk}^2 - дисперсия элемента G_{jk} .
Так как запись φ является суммой двух случайных величин, то
ее ковариационная матрица выражается в виде $M = KCK^T + D$,
где D - ковариационная матрица шума u .

При статистическом оценивании спектра плотность распределения шума $p_u(\eta)$ считается известной. Если известна плотность распределения v $p_v(\mu)$, то

$$p_{u+v}(\psi - G\psi) = \int_{-\infty}^{\infty} p_v(\psi - G\psi - \eta) p_u(\eta) d\eta \quad (3)$$

выражает функцию правдоподобия для оценки спектра ψ .

Если распределения u и ошибок G (отсюда и v) нормально и информация исчерпывается одной записью, то для оценки спектра удобно брать решение следующего матричного уравнения

$$\psi = (G^T M^{-1} G)^{-1} G^T M^{-1} \psi. \quad (4)$$

Это решение близко к оценке наибольшего правдоподобия. В первом приближении ψ распределено нормально с ковариационной матрицей $(G^T M^{-1} G)^{-1}$. Уравнение (4) нелинейно, так как содержит ψ в M . Решать это уравнение можно итерационным путем. Для первого приближения можно брать решение уравнения (4) при $C = 0$, т.е. считая G точно известной.

Литература

- I. Таммет Х.В. Введение в линейную конечномерную теорию спектрометрии. Таллин, "Валгус", 1975.

TESTAEROSOOLIDE PRODUTSEERIMISEST ELEKTROSTAATILISE SEPARAERIMISEGA

Ü. Kikas

Testaerosooliks loetakse aerosooli, mille kohta on teada aerosooliosakeste keskmine raadius r_k ning kontsentratsioon n ning millel on kitsas raadiuste jaotuse tihedusfunktsioon $f(r)$. Töös käsitletakse submikroonsete testaerosoolide produtseerimist elektrilise separateerimise teel. Kirjeldatakse meetodikat, eksperimentaalseadet ning käsitletakse mõningaid elektrilise separateerimise teoreetilisi aspekte.

Osakeste separateerimiseks kasutatakse teist järku dife-

rentsiaalsed silindrilist aspiratsioonkondensaatorit [1], mille sisekattes on pilu aerosooli väljajätmiseks [2]. Separaatorisse sisestatakse NaCl või AgJ kondensatsiooniaerosool, mis on viidud elektrilaengu tasakaalulise jaotuse ni ja mis omab liikuvuste tihedusfunktsiooni $f(k)$. Elektrilisel separeerimisel eraldatakse sellest välja kitsas fraktsioon ühe elementaarlaenguga laetud osakesi, millede liikuvused on vahemikus $(k, k + \Delta k)$. Nii saadud testaerosooli ν_k määratakse separaatori tööparameetrite järgi ning n osakeste poolt tekitatud elektrilise signaali järgi. Separaatori teoreetiliselt leitud töökõveraaid on kontrollitud väljundaerosooli proovidest tehtud elektronmikrofotode statistilise töötlemisega.

Elektrilisel separeerimisel satub väljaeraldatud fraktsiooni $(k, k + \Delta k)$ 2,3 ... i-kordselt laetud osakesi, mis ei kuulu kitsasse raadiuste vahemikku ning halvendavad testaerosooli monodisperssust. Teoreetiliselt on hinnatud nende osatähtsust fraktsioonis sõltuvalt separaatori tööparameetritest ning sisendaerosooli omadustest. On leitud, et praktiliseks separeerimiseks on sobivaimaks sisendaerosool geomeetrilise standardhälbega $\sigma_g = 1,2 \div 1,3$. Edukaks separeerimiseks peab sisendaerosooli osakeste keskmist raadiust teadma vähemalt 20% täpsusega.

Kirjandus

1. Таммет Х.Ф. Аспирационный метод измерения спектра аэрозонов. Уч. записки ТГУ, 1967, вып. 195, 234 о.
2. Hoppel W.A. Determination of the aerosol size distribution from the mobility distribution of charged fraction of aerosols. J. Aerosol Sci., 1978, 9, No. 1, p. 41-54.

AEROSOO LI ELEKTRILINE SPEKTROMEETER JA ANDMETÖÖTLUS LIINIL ARVUTIGA

A. Mirme

AEL-is on valmistatud laiendatud mõõtmispiirkonnaga aerosooli spektromeeter (10 nm kuni 10 μ m läbimõõdu järgi). Tema töö põhineb elektrilisel mõõtmismeetodil, mille järgi aerosooliosakesed kõigepealt laaduvad ioonide keskkonnas kindlates tingimustes, siis mõõdetakse nende jaotus elektriliste liikuvuste järgi ja "tagasi" arvutades leitakse suurused.

Mõõtmispiirkonna oluline laienemine saavutatakse sellega, et paralleelselt tavaliselt kasutatava difusioonse laadumisega on rakendatud ka laadumine tugeva elektrivälja juuresolekul, kusjuures esimene võimaldab kõrvaldada teise puudused. Mõõtmine toimub samaaegselt 26 kanaliga, mis koos katavad kogu piirkonna. Esialgselt toimus spektri mõõtmine ajaliselt jaotatult. Spektromeeter salvestas algandmed perfolindile. Spekter leiti nende andmete matemaatilise töötluks käigus suurel arvutil.

Selle spektromeetri puudused, nagu mõõtmise enese küllalt suur kestvus, tülikas ja tihti pikaajaline lõplike tulemuste saamine, raske kohandatavus erinevatele mõõtmistingimustele on kõrvaldatud uues spektromeetris, mis on ühendatud arvutiga vahetult.

Siin võib vastavalt kirjutatud arvuti programmiga organiseerida igasugustele tingimustele "isekohanduvat" mõõtmisprotsessi, mis tõeliselt maksimaalselt kasutab ära spektromeetri potentsiaalsed võimed.

Kanalite võimalikult täpsete signaalide leidmismeetodid:

1. Vaadeldes kanalite elektromeetreid kui teatud ajateguriga RC-ahelaid arvutatakse algandmete muutumise ja sellele vastava aja järgi signaalide tegelikud suurused. Suurema täpsuse saamiseks võetakse mitme perioodi keskmine. Viga hinnatakse signaali muutumise järgi.

2. Andmeid vaadeldakse kui perioodilise protsessi üles-

kirjutist. Signaali mõõduks on vastava sagedusega Fourier-spektri komponendi suurus.

3. Andmed töödeldakse numbrilises filtris, mis taastab signaali esialgse kuju ja signaali keskmine suurus leitakse integreerides tegeliku signaali ja tema teoreetilise koopia korrutist. Veaks võib võtta tema ruutkeskmise kõrvalekalde kooplast.

Aerosooliosakeste spektri leidmine toimub saadud kanalite signaalide ja veahinnangute põhjal. Arvutamisel kasutatakse lõplikumõõtmelise spektromeetria meetodeid, kus spektromeetri enda mõõtmisomadused on arvestatud nn. aparaadimaatriksiga. See määratakse eksperimentaalselt spetsiaalsete testaerosoolide abil eriprotseduure kasutades.

К ИССЛЕДОВАНИЯМ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АЭРОЗОЛЕЙ В ЦЕЛЯХ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Р. Прийман

Атмосферные осадки являются важным фактором процесса самоочистки атмосферы от различных аэрозольных частиц и газовых примесей, попадающих в атмосферу либо в ходе естественного круговорота веществ, либо в результате человеческой деятельности.

В настоящее время исследованиями вымывающей роли атмосферных осадков накоплены обширные данные, имеющие преимущественно наблюдательный характер. Теоретические основы этих процессов из-за многочисленных переменных факторов сложны и пока полностью не выяснены.

Однако, это не мешает исследованию примерно аналогичных явлений в более узких масштабах - в закрытых объемах в целях очистки воздуха в ряде технологических и производственных помещений. В качестве вымывающего агента можно применять высокодисперсные частицы аэрозолей воды или водных растворов. Варьируя физические и химические параметры (удельного

электрического заряда, дисперсности, концентрации, химического состава) этих частиц расширяет пределы их применения для вымывания самых различных примесных компонентов из воздуха закрытого объема.

Для изучения взаимодействия частиц вымывающих аэрозолей с загрязняющими воздух примесями (аэрозольными частицами и газами) целесообразно провести ряд экспериментальных исследований. Это является обоснованным продолжением одного из направлений по исследованию процессов в дисперсных средах.

Разработанные проблемной лабораторией аэроионизации и электроаэрозолей измерительная аппаратура и генераторы аэрозолей, а также методики получения аэрозольных частиц с определенными параметрами являются исходной базой для проведения соответствующих исследований.

Приводятся проанализированные результаты некоторых экспериментов по изучению взаимодействия частиц электрически заряженного аэрозоля воды с фотохимическим смогом и фотооксидантами.

STRIIMERI LEVIKU DÜNAAMIKA

A. Haljaste

Striimerit võib lugeda gaaslahenduse üheks klassikaliseks ja komplitseeritumaks uurimisobjektiks [1]. Tema levikumehhanismi väljaselgitamise aktuaalsus on tingitud asjast, et kõrgrõhulahendustes on striimeriprotsess valdavalt määravaks läbilöögi tekkimisel. Senini pole suudetud üldistada homogeenses elektriväljas leviva striimeri teooriat mittehomoogeense välja juhule [2]. Eksperimentaalsete striimeriuuringute üheks momenti pealtesandeks ongi tugevasti mittehomoogeenses elektriväljas areneva striimeri ajalis-ruumilise dünaamika väljaselgitamine. Eeskätt on vaja saada andmeid väljatugevuse ja laengukandjate tiheduse dünaamika kohta striimeri kanalis. Käesolevas töös kasutati selle eesmär-

gi saavutamiseks fotoelektrilist meetodit, s.o. striimeriga kaasneva valguskiirguse registreerimist fotokordisti abil. Lahendus tekitati 2 cm pikkuses teravik-plaat lahendusvahemikus laboratoorses õhus atmosfääritingimustel. Kiirgust skaneeriti piki striimeri kanalit. Varasemate tööde [3] ja saadud eksperimentaalsete tulemuste analüüs näitas, et väljatugevuse ja laengukandjate tiheduse järgnev arvutamine nõuab registreeriva süsteemi impulssüleminekufunktsiooni (aparaadifunktsiooni) arvestamist. Seega osutub püstitatud ülesanne matemaatiliselt mittekorrektseks, millega seostuvad probleeme töös analüüsitakse.

Kirjandus

1. Meek J.M., Craggs J.D. Electrical breakdown of gases. New York, 1978.
2. Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. М., 1975.
3. Lean M., Korge H., Kudu K. The field strength and electron density calculations for the corona pulses. - Proc. XIV ICPFG, Grenoble, 1979, p. 351-352.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОДНОЭЛЕКТРОДНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

М. Айтс

Экспериментально исследовалось развитие высокочастотного разряда с острия при частоте питания 20 МГц при условиях, когда к острию приложено дополнительное постоянное напряжение. В таких условиях при подходящем выборе режима подачи высокочастотного напряжения удается стабилизировать внешнюю форму разрядного канала и скорость распространения разряда в пространство. Разряд будет распространяться без разветвлений и прямолинейно в направлении оси остриевого электрода с постоянной скоростью порядка 10^2 - 10^3 м/с, зависящей от режима

подачи высокочастотного напряжения [1]. Разрядный промежуток рассматривался как двухполосник с комплексным сопротивлением, величина которого была определена методом моста переменного тока. На основе экспериментальных зависимостей омической и емкостной проводимости канала и поглощаемой разрядом мощности от времени вычислены значения элементов многозвенной RC цепи - схемы замещения разрядного канала. Падения напряжения на элементах эквивалентной схемы отождествлены с падениями напряжения на соответствующих участках канала разряда. Получены зависимости погонного сопротивления и емкости разрядного канала от его длины, а также распределение напряженности поля в канале разряда. Обсуждаются пределы применимости использованной методики.

Литература

- I. Айтс М.Х., Куду К.Ф., Хальясте А.Я. Уч. записки ТГУ, 1981, вып. 588, II.

PÖÖRLEMISTEMPERAATUURI MUUTUMINE KÕRGSAGEDUSIMPULSSLAHENDUSE AJAL

M. Laan, J. Susi

Kõrgsageduslahendus kujutab endast arengu algetappidel termodünaamiliselt mittetasakaalulist madaltemperatuurilist plasmat. Seetõttu iseloomustatakse plasma üksikuid komponente, aga molekulaarsete gaaside korral ka erinevaid vabadusastmeid erinevate "temperatuuridega" (elektrontemperatuur, võnketemperatuur, pöörlemistemperatuur jne.) [1]. Statsionaarsete kõrgsageduslahenduste "temperatuurid" on atmosfäärilähedastel rõhkudel üsna täpselt määratud [2].

Käesoleva töö eesmärgiks oli määrata pöörlemistemperatuuri muutumine lahenduskanali eri piirkondades ja eri ajamomentidel. Registreeriti lahenduse spektrid spektrograafi ИСП-30 abil ajalise lahutusvõimega 1 ms. Tulemuste tööt-

lemisel ilmnes uus efekt, mida analoogiliste statsionaarsete lahenduste puhul varem pole märgatud. Hüdroksüüli spektri alusel määratud pöörlemistemperatuur omab kahte väärtust - eksisteerib nn. "külm" ja "kuum" rühm molekule. "Külma" rühma temperatuur iseloomustab väiksemate pöörlemiskvantarvudega molekule ja seda temperatuuri võib lugeda kokkulangevaks neutraalse gaasi temperatuuriga [1]. "Kuum" rühma molekulid tekivad vee molekulide dissotseerumise tulemusena ja tasakaal neutraalse gaasiga puudub [3]. On arvamusi, et see temperatuur iseloomustab elektrontemperatuuri.

Hilisematest lahenduse staadiumidest saadud tulemused langevad kokku varem avaldatutega [4].

Kirjandus

1. Б.Ф. Гордиец, А.И. Осипов, Л.А. Шелепин. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры, М., 1980, гл. 2.
2. J. Janča, Polia Jao. Sci. Nat. UJEP Brunensis, Vol. XII, 1971, p. 41-53.
3. H. Meinel, L. Krauss. JQSRT, Vol. 9, 1969, p. 443-460.
4. K. Kapoun. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské v Ostravě, XVIII, 2, 1972, 119.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЧ КООКСИАЛЬНОГО РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

М. Таммеорг

Исследовались вольтамперные характеристики (ВАХ) и спектральный состав ВЧ тока коаксиального ВЧ разряда низкого давления (частота генератора 40,8 МГц, давление ртутных паров $1,2 \cdot 10^{-3}$ Тор) в поперечном магнитном поле 0-5 Вкр.

Эксперименты показали, что обнаруженные ранее [1] скачки на ВАХ разряда сглаживаются и уровень высших гармоник в разрядном токе уменьшается при увеличении магнитного поля. В то же время наблюдалось уменьшение постоянного составляю-

шего разрядного тока I_0 или напряжения на разряде U_0 .

Наблюдаемое явление объясняется влиянием магнитного поля на нелинейные свойства приэлектродных слоев разряда.

Было обнаружено изменение знака I_0 и U_0 при малых ВЧ напряжениях.

Явление объясняется возрастающей ролью разности плавающих потенциалов электродов при уменьшении выпрямлений на разряде [2].

Литература

1. В.А. Годяк, А.А. Кузовников, М.И. Таммеорг, Тезисы докладов У Всесоюзной конференции по физике низкотемпературной плазмы, Киев, 1979, с. 189.
2. В.А. Годяк, А.А. Кузовников, Физика плазмы, I, 496, 1975.
3. А.А. Брандт, Ю.В. Тихомиров. Плазменные умножители частоты, М., 1974.

ÕPILASTE VAIMSE TEGEVUSE JUHTIMINE FÜÜSIKATUNNIS

G. Karu

1. Sõjajärgsel perioodil, kuni kuuekümnendate aastate lõpuni, oli TRÜ-s füüsika õpetamise metoodika alastes töödes oluline koht erimetoodikal (üksikute teemade õpetamise küsimustel). Selliseid oli kaitstud diplomitööde hulgas 46%. 1968. aastast hakkab domineerima õpilaste vaimse tegevuse kujundamise ja juhtimisega seotud temaatika. Ajavahemikul 1968-82 on sellele probleemile pühendatud 59 kursuse-, 19 diplomi- ja 14 võistlustööd, mis moodustab 65% kõigist füüsika õpetamise metoodika alastest üliõpilastöödest.

2. Õpilaste vaimse tegevuse juhtimise uurimine on ajavahemikul 1968-82 olnud ka üldfüüsika kateedris füüsika õpetamise metoodikaga tegelevate õppejõudude ja aspirantide peamiseks teadusliku töö suunaks. On kaitstud üks kandidaadisertatsioon (I. Vassiltsenko), teine on valmimas (E. Pärtel), publitseeritud 93 tööd. Kogumikus "Управление умственной деятельностью учащихся на уроках физики". Под ред. Г. Кару - Тарту, 1980. - 92 с. üldistatakse senitehtut ja formuleeritakse edaspidised ülesanded süsteemse käsitlusviisi alusel.

3. Õpilaste vaimset tegevust vaatleme kui polüstruktuurset dünaamilist objekti, mille allsüsteemide omapära võimaldab nende suhteliselt iseseisvat uurimist. Vaimse tegevuse juhtimiseks oleme uurinud selle struktuuri ja toetunud vaimsete tehete etapiviisilise kujundamise teooriale, mis avab tegevuse ontogeneesi. Põhiliste struktuurielementidena on vaatluse all: eesmärk, konkretiseerituna nii makro- kui mikro- tasemetel, füüsikakursuse sisu, eelteadmised, mis määravad algoleku, põhilised vahepealsed olekud, tagasiside, korrektsoon, didaktiliste vahendite komplekt, mõõtevahend koos selle karakteristikutega.

4. Põhilised tulemused on juurutatud või juurutamisel

eesti õppekeelega üldhariduskoolis. 1973.a. kasutatakse "Füüsika töövihikut VII klassile", 1975. aastast kogu õppemetoodilist komplekti. VI-XI klassini on kasutusel füüsika redeltestid ja manuaalid. 1982/83. õ.-a. tuleb kasutusele VIII klassi õppe-metoodiline komplekt. Vastuvõetavaks on tunnistatud IX klassi jaotusmaterjal ja metoodiline juhend. Töö jätkub X ja XI klassi jaotusmaterjalide koostamiseks.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КУРСА МЕХАНИКИ 8-го КЛАССА

Э. Пяртель

В восьмом классе учащиеся впервые встречаются с физической теорией как целостным образованием, частью науки. Поэтому возникает необходимость ознакомить учащихся со строением теории и науки. Однако в учебнике [1] соответствующий материал в явном виде не представлен. Следовательно, нужно ввести в комплекс дидактических средств методологические знания о строении науки.

Строение теории характеризуют, в первую очередь, ее логической структурой (ЛС). ЛС обычно трактуют "как систему внутренних связей между понятиями и суждениями" [2, с. 22]. Но строение теории охватывает не только логические связи. Теория (и наука) характеризуется также ее гносеологической структурой (ГС). ГС составляют отношения, которые связывают теорию с объективной реальностью. ГС связана с процессом познания, в учебном процессе она является первичной в отношении ЛС. Если ЛС раскрывает связи между понятиями и суждениями, то ГС - связи и отношения между специфичными составными частями науки (факты, понятия, законы, теория) и объективной реальностью. Неправомерно изолировать ЛС от ГС; поэтому мы характеризуем строение науки логико-гносеологической структурой.

На этой основе можно сформулировать гипотезу: ознаком-

ление учащихся с логико-гносеологической структурой науки улучшит их систему знаний. Для проверки гипотезы мы провели обучающий эксперимент, в ходе которого была раскрыта некоторая часть логико-гносеологической структуры механики. Наша гипотеза оказалась доказанной [3]. Это показывает, что ученики 8-го класса способны осознать и использовать строение теорий.

Литература

1. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 8 класса. - М.: Просвещение, 1977, 224 с.
2. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа. - М.: Педагогика, 1974, 192 с.
3. Pärtel, E. Mehaanikaalaste teadmiste süsteemi kujundamise tulemustest. - Rmt.: Pedagoogiliste uurimiste tulemused 1976-1980. Reaalained ja kool. - Tln., 1981., lk. 60-69.

РАБОТА И. ВИЛИПА И Б. ГОЛИЦЫНА ПО ДОПЛЕР-ЭФФЕКТУ

О. Семан

1. Основные работы профессора Тартуского университета И. Вилипа посвящены совершенствованию сейсмографов. Менее известны работы И. Вилипа по оптике.

2. Фундаментальной является совместная работа И. Вилипа и Б. Голицына в начале века по экспериментальному подтверждению эффекта Доплера.

3. Первое надежное лабораторное подтверждение оптического эффекта Доплера дано И. Вилипом и Б. Голицыным с неточностью порядка 5%.

4. В учебной литературе по оптике либо исчезли ссылки на работу И. Вилипа и Б. Голицына, либо приводятся ссылки на одного автора.

FÜÜSIKALISE MÕTLEMISE KUJUNDAMISEST ERINEVATES ÕPPEVORMIDES

V. Ruttas

Erinevate õppevormide integratsioon on käesoleval ajal põhiliselt suunatud loengutel esitatava materjali võimalikult täielikule kinnistamisele ja kasutamisele harjutustundides ja laboratoorses praktikumis. Eitamata selle suuna olulist tähtsust füüsikalise mõtlemise arendamisel, tuleb siiski pöörata tähelepanu reale negatiivsetele tagajärgedele, mis tulenevad erinevate õppevormide spetsiifika ebapiisavast arvestamisest (erinevate õppevormide madal efektiivsus üksteise suhtes jms.).

Lähtudes füüsikalise mõtlemise kolmekomponendilisest struktuurist [1] on võimalik erinevaid õppevorme iseloomustada spetsiifiliste seoste kaudu mõisteliste, kujunduslike ja praktiliste komponentide vahel. Nii on näiteks traditsioonilisele illustreeriv-informatiivset tüüpi loengule iseloomulik püüd lähtuda kujunduslikust komponendist uute mõistete sisseviimisel. Ülesannete lahendamisel domineerivad seosed mõistelise komponendi ja vaimsete toimingute vahel. Laboratoorsete tööde sooritamisel on põhirõhk asetatud tegevuse eeskirjade seostamisele laboratooriumi "meeleliselt antud maailmaga".

Spetsiaalseid abinõusid tarvitusele võtmata jääb eelkirjeldatud situatsioonides tagaplaanile või üldse kaasa haaramata üks mõtlemise tervikliku struktuuri komponentidest, mis on üheks õppevormide madala efektiivsuse peamiseks põhjuseks.

Ülalkirjeldatud, intuiitiivselt kujunenud "lühima tee" asemele esitamata vastastikku seotud mõttetgevuse tsükli skeemi, millesse on kõigi õppevormide korral sisse lülitatud kõik kolm mõtlemise komponenti. Seejuures arvestatakse erinevate õppevormide spetsiifikat. See skeem näeb ette loenguvormi üleminekut kujunditelt mõistetele üliõpilaste vaimse tegevuse kaudu, ülesannete lahendamisel liikumist mõiste-

telt toimingutele kujundliku komponendi vahendusel ja praktikumides tegevusliku ja kujundliku komponendi sidumist mõistelise komponendi poolt.

Kirjandus

I. Кудрявцев Т.В. Психология технического мышления. М.: Педагогика, 1975.

PROGRAMMÖPPE EDASISE ARENGU PERSPEKTIIVIDEST

E. Krull

Kaasajal on tekkinud vajadus luua selline tehnika, mis võimaldaks anda üha kiiremini, üha komplekssemaid ja erinevaid teadmisi üha suuremale hulgale inimestele, et igaüks võiks täita sotsiaalset funktsiooni või lihtsalt pääseda ligi kultuurile.

Eitamata seni põhiliselt kasutatud vähe- ja osaliselt adaptiivsete õpiprogrammide positiivseid jooni, tuleb märkida, et enamik kasutatud programmitüüpidest ei saavutanud märgatavat edu traditsiooniliste õppevormide ees. Skinner'i ja Crowder'i programmidele või nende kombinatsioonile taanduvate programmide põhipuuduseks on materjali esituse katkendlikkus ja nõrk side õpetatava probleemi tervikuga.

Programmõppe eesmärkide ja funktsioonide analüüs näitab, et teadmiste esitamise programmeerimise (s. t. õpetaja töö programmeerimise asemel) tuleb püüda programmeerida teadmiste assimileerimine, s. t. õpilase töö. Kui senini programmõpet iseloomustas automatismiaspekt, siis nüüd muutub ta tagasisidestatud süsteemiks, mis on konstrueeritud lähtudes tema adressaadist. Uut programmeerimise vormi nimetatakse funktsionaalseks programmeerimiseks.

Lahutades õppimistsükli teadmiste kommunikatsiooni ja kontroll- ehk tagasisideahelaks, saadakse nende eraldamise

ning hilisema sünteesi tulemus uus modulaarset tüüpi tehnika.

Selline võte eeldab kolme liiki trükkiseid: 1) modulaarse ülesehitusega dokumentatsiooniallikad, 2) ülesannete kogud, 3) seostav programm.

Nimetatud printsiibid ja eeldused võimaldavad luua mitmesuguseid osaliselt või täielikult adapteeritud õpiprogramme muutes programmõppe arvutustehnika intensiivse rakendamisega haridussüsteemi lahutamatuks osaks.

Kirjandus

1. Талькина Н.Ф. Технология обучения и ее место в педагогической теории. "Совр. высш. школа", 1977, № I.
2. Blanc-Lapierre M., Perret H. Demain ... vers l'industrie du savoir. Interéducation, Num. spec.

NÄITLIKKUSE PRINTSIIP KÕRGGKOOLI DIDAKTIKAS

K. Timpmann

Näitlikkuse printsiip tugineb materialistlikule tunnetusteooriale, mille kohaselt ühe tunnetuse allikana esineb elav kaemus. Aistingud on algmaterjaliks edasisele mõttelisele tegevusele, mille käigus kujundatakse mõisted ning formuleeritakse seadused.

Õppeprotsess toetub juba valmis teaduslikule teooriale. Mõistete omandamisel ja seostamisel ei järgita kogu vastava teooria arengulugu, vaid õppur tungib teda valmiskujul ootavate abstraktsete mõistete rägastikku. Siinjuures kätkeb oht eemalduda objektiivsest reaalsusest ja kalduda verbalismi. Et säilitada side omandatavate abstraktsete mõistete ja objektiivse reaalsuse vahel, peame õppeprotsessi ülesehitusel suurel määral toetuma näitlikele õppemõjutustele (NÕM). See-ga on näitlikkus tihedalt seotud adekvaatsuse printsiibiga,

on mingil määral selle realiseerijaks.

Tegevust vaatleme kolme momendi: subjekti, objekti ja subjekti aktiivsuse seisukohalt. Sarnase skeemi alusel käsitleme ka mõistete kujundamist, mille juures on eeltingimuseks assotsiatsioonide tekkimine ning subjekti aktiivsus nendega opereerimisel. Assotsiatsioonide tekkimise seome teatavatele kindlatele nõuetele vastavate näitlike õppemõjutustega.

NÕM peab esile kutsuma subjekti aktiivsuse. Subjektis peab tärkama huvi uuritava nähtuse vastu. Huvi tekkimine on seotud subjekti tegevuse motiividega, mille mõjutamisele peab kaasa aitama ka NÕM. Järelikult peab NÕM mõjuma subjekti emotsioonidele. See aga eeldab väga hoolikalt läbimõeldud näitlike vahendite süsteemi kasutamist.

Subjekti aktiivsust ei kutsu esile mitte ainult NÕM emotsionaalne külg. Sellega peab kaasnema ajakohane probleemi püstitus, mis õhutab sügavamalt tungima ka vastava materjaliga seotud ainelõikudesse. Loomulikult eeldab selline lähenemine NÕM-tele nende süsteemset kasutamist ning aine loogilise struktuuri ja seoste arvestamist näitlike vahendite kasutamisel.

Näitlikkuse printsiip on seega ühenduslüliks didaktika metaprintsiipide - teaduslikkuse ja subjekti eripära arvestamise printsiibi vahel. Samal ajal peab NÕM andma impulsi, mis käivitab subjekti aktiivsuse mõistete kujundamisel.

ÜLDMÕÖTMISTE PRAKTIKUMI DIDAKTILISTEST VÕIMALUSTEST

M. Pärn

Üldmõõtmiste praktikumis toimub peale keskkooli lõpetamist esimene kokkupuude füüsikaga. Antud plaanis võiks käsitleda üldmõõtmiste praktikumi kui esimest etappi, mis on orienteeritud meelelis-praktilise tegevuse kaudu teadusliku mõtteviisi ja tööstiili kujundamisele. Praktikumi ees seis-

vate ülesannete analüüsil tuleks peatuda alljärgnevatel küsimustel.

1. Müüsilikas kasutatava mõõteaparatuuri ja mõõtmismeetoditega tutvumine. Eesmärgiks võiks olla lühivõtte andmine universaalsetest mõõteriistadest ja põhilistest mõõtmismeetoditest.

2. Eksperimendi planeerimise ja läbiviimise põhialused. Praktikum ei tohiks olla järgalt determineeritud juhendi järgi töötamine, vaid peaks võimaldama üliõpilasel põhjendatud valikuvabadust näiteks mõõtmismeetodi osas.

3. Arvuti kasutamine statistilises andmetöötluses. Kaasaegse füüsikaga on arvuti lahutamatu seotud. Üldmõõtmiste praktikumis võiks arvuti tutvustamiseks olla standardprogramme.

4. Kollektiivse teadusliku uurimistöö organiseerimise võimalusi. Kaasaegne teadus on kollektiivne looming, millest ettekujutuse saamiseks võiks praktikumis rakendada gruppitööd.

Üldmõõtmisi vaadeldakse tagasisidestatud süsteemina, s.t. mõõtmistulemusi käsitletakse algandmetena näiteks mõnes liikumisseaduses. Antud lähenemine võimaldaks mõõtmistulemusi vaadelda kui lõppeesmärki aga ka analüüsida süvendatult mõõtmistes esinevaid ebatäpsusi.

ÜLIÕPILASTE ISESEISVA JA AUDITORSE TÖÖ VAHEKORRAST

M. Salundi

Pidevalt kasvava informatsioonihulga ja uute distsipliinide sisseviimisega õppeprotsessi kasvab vajadus planeerida ja organiseerida üliõpilaste auditooriumivälise tööaja kasutamist. Ajabüüdzeti seisukohast on oluline auditoorse ja iseseisva töö vahetamine. Riiklike õppeplaanidega määratud auditoorse õppetegevuse maht ei ületa 36 tundi nädalas. Auditooriumivälise töö mahtu ei ole võimalik nii rangelt pii-

ritleda. Selle maht sõltub paljudest teguritest: eriala spetsiifikast, õppevormist (kaugõppes määrav), õppeprotsessi organisatsioonilisest ja meetodilisest tasemest, aga samuti õppe- ning teadusliku kirjanduse olemasolust ning kättesaadavusest jms. Lisaks nimetatule on määravaks üliõpilase psüühho-füsioloogilised näitajad.

Iseseisva ja auditoorse töö vahekorrd on uurimisobjektiks rea aastate vältel kõrgkooli kompleksse uurimise laboratooriumis. Välja on töötatud optimaalse ajabüdzeti mudelid. Õppevormidevaheline suhe on analüüsi objektiks ülikooli metoodikanõukogus. Teaduskondade metoodikakomisjonid on välja pakkunud meetodilisi soovitusi nii tööks kirjandusega kui ka auditoorse töö sisulise efektiivsuse tõstmiseks. Tähtis on siinjuures võimalikult adekvaatse meetodi rakendamine selgitamaks töövormide planeeritud ja tegelikke vahekorrdi iga õppeaine osas. Optimaalseks võiks pidada õppeprotsessi, kus auditoorse ja iseseisva töö osatähtsused ühe ja sama aine jaoks oluliselt ei erine. Erinevad autorid [1-4] hindavad ka õppevormide ajalist vahekorrdi erinevalt. Üliõpilase tööpäeva keskmiseks pikkuseks võib pidada 10 tundi, sealhulgas iseseisvat tööd 4 tundi.

Kirjandus

1. Современные психолого-педагогические проблемы высшей школы, вып. II, Ленинград, 1974.
2. Руттас В.И., Салунди М.Э. О методике установления структурности знаний студентов. Проблемы высшей школы II, Тарту, 1978.
3. Самостоятельная работа студентов с учебной литературой. Материалы внутривузовской учебно-методической конференции, Тарту, 1979.
4. Четвернинов В.Н. Реализируя намеченные планы, Вестник высшей школы № 8, 1976.

TRÜ ÜLDFÜÜSIKA PRAKTIKUM AASTAIL 1945 - 1982.

H. Voolaid

Peale Tartu vabastamist 1944.a. alustas üldfüüsika praktikum (tollal "füüsika praktikum") tööd koos teiste õp-
pevormidega 1944.a. novembris.

Käiku suudeti anda ligemalt 50 tööd säilinud materiaal-
sel baasil, millega hädapäraselt rahuldati vajadused.

Kohe asuti ka füüsika praktikumi reorganiseerima ja süs-
teemselt täiustama. Juba 1945.a. ilmus trükis J. Langi ja
A. Pae "Füüsika praktikum Tartu Riiklikus Ülikoolis I", mil-
lele järgnes 1947.a. täiendatud trükk.

Aastail 1949 - 1950 töötasid välja 40 uut praktikumi-
tööd P. Prüller ja A. Pae. Need tööd olid küllalt kõrge ta-
semega, 12 neist on väiksemate muudatustega käigus veel
praegugi.

Uute töödega täiustatud kogumik "Füüsika praktikum I",
mille autoriteks on J. Lang, G. Mets ja A. Pae, ilmus trükist
1953.a. Täiendatud trükk ilmus 1960.a.

Lisaks eelnimetatuile on üldfüüsika praktikumi edasi
arendanud H. Marran, V. Kornel, V. Kark, K. Kudu, E. Tamm,
I. Rammo, J. Salm, M. Laan, P. Paris, H. Voolaid jt. Prakti-
kumi tehnilise külje eest on hoolt kandnud praktikumi juha-
tajad T. Madise, H. Oks, T. Mürsepp.

Andmetöötluks hakati tõsisemat tähelepanu pöörama ala-
tes 1960.a., mil ilmus P. Prülleri ja H. Tammeti "Mootmisvi-
gade arvutamine". Hiljem on seda suunda arendanud põhiliselt
H. Tammet ja E. Tamm. Alates 1976.a. toimub andmetöötlus ka
arvutitel ("Nairi-K" ja "Nairi-3-2"), initsiaatoriteks olid
E. Tamm, O. Teller ja M. Laan.

Praeguseks on üldfüüsika praktikumis käigus 128 erine-
vat tööd füüsika-keemia-, matemaatika-, arsti-, bioloogia-
geograafia- ja majandusteaduskondade üliõpilastele. Enamik
töid on komplekteeritud tänapäevase kodu- ja välismaise apa-
ratuuriga.

ÜLDFÜÜSIKA MEHHAANIKAPRAKTIKUM TRÜ-s
SÕJAJÄRGSETEL AASTATEL

E. Tamm

Laboratoorsed tööd mehhaanika kui üldfüüsika kursuse lahutamatu osa kohta on TRÜ üldfüüsika praktikumis olnud esindatud kogu sõjajärgsel perioodil. Sealjuures on toimunud areng tööde arvu suurendamise ja nende sisulise taseme ning raskusastme suurenemise suunas. Oluline muutus mehhaanikapraktikumis toimus 1960-ndatel aastatel, mil seati üles hulk uusi töid ja ehitati uued seadmed varasematele töödele. Selle töö tulemusena on praegu laboratoorsete töödega kaetud enamuse mehhaanikakursuse põhilisi osi.

Mehhaanikapraktikumi edasine areng peab toimuma kolmes põhisuunas:

- 1) uute tööde ülesseadmine mõningates seni töödega nõrgalt kaetud lõikudes (jäävuse seadused, hõõrdejõud),
- 2) mõõtmistehnika moderniseerimine (eriti aja mõõtmisel),
- 3) arvutustehnika laialdasem kasutuselevõtt andmetöötlusel.

MOLEKULAARFÜÜSIKA PRAKTIKUM
TARTU RIIKLIKUS ÜLIKOOLIS

J. Salm

Molekulaarfüüsika ja termodünaamika praktikumi sisu Tartu Riiklikus Ülikoolis ja selle arengut kajastavad trükkis ilmunud juhendite kogumikud: koostajad J. Lang ja A. Pae, ilmunud 1945., 1946. ja 1947.a.; J. Lang, G. Mets ja A. Pae, 1953. ja 1960.a.; E. Tamm, 1968.a.; J. Salm, 1980. ja 1981.a. Üksikute tööde ülesseadmisega ning juhendite koostamisega on peale ülalnimetatud koostajate tegelenud veel mitmed teised isikud. Ajavahemikus 1945.a. - 1981.a. on mõnevõrra suurene-

nud tööde arv ja mitmekesisistunud temaatika. Juhendid on muu-
 tunud üldiselt mahukamaks, lisaküsimuste arv - suuremaks.
 Lisaküsimused on praegusel ajal jaotatud kahte ossa - vasta-
 miseks enne praktikumi ja pärast praktikumi. Mõne töö juhen-
 disse on lisatud metrooloogilisi juhiseid. Üleliidulisest
 füüsikapraktikumi programmist on käesoleval ajal TRÜ prakti-
 kumis esindatud kõik lõigud peale vaakuumtehnika. Kõige täie-
 likumalt esindatud lõigud on: ülekanenähtused, kalorimeet-
 ria, vedelike omadused, pinnanähtused, hügromeetria.

ELEKTRIALASED TÖÖD TRÜ ÜLDFÜÜSIKA PRAKTIKUMIS
 1945.-1982.a.

K. Kudu

Teatava ettekujutuse elektritöödest annab alljärgnev
 tabel, kus on toodud ühele või teisele teemale pühendatud
 erinevate tööde arvud. Sulgudes olevad arvud vastavad mitte-
 täppisteadusliku erialaga üliõpilaste praktikumile. Arvud
 1960.a. jaoks erinevust tööde suunitluses ei kajasta.

Jrk.	T e e m a	1950.	1960.	1970.	1982.
1.	Üldmõõtmised	7(7)	8	5(7)	7(4)
2.	Elektronostsilloskoop		1	1(1)	1(1)
3.	Elektrostaatika	2	1	2	2
4.	Laengu ja energia diskreetsus	1		2	5
5.	Termoemissioon	1(1)	2	4(1)	6
6.	Vedelike ja gaaside juhtivus	1(1)	1	2	3(1)
7.	Pooljuhid			2(1)	3(2)
8.	Galvanomeeter		1	1	1
9.	B mõõtmine	1		2	3
10.	Magnetväli keskkonnas	2		2	2
11.	Magnetresonantsid				3

Jrk.	T e e m a	1950.	1960.	1970.	1982.
12.	RC-vooluring			3	3
13.	Elektrilised vaba- vonkumised			2	1
14.	Elektrilised sund- vonkumised	2(1)	1	1(1)	1(1)
15.	Pinge- ja voolu- resonants	1		1	2
16.	Trafo, võimendi, UKG, sild	1(1)	2	1(3)	(3)
17.	Elektromagnetlained				2
	Kokku	19(11)	17	31(14)	45(12)

Konverentsil on kavas käsitleda töid sisulisest küljest.

Kirjandus

1. J. Lang, A. Pae. Füüsika praktikum TRÜ-s. Trt., 1947.
2. J. Lang, G. Mets, A. Pae. Füüsika praktikum. Tln., 1953, 1960.
3. K. Kudu. Elektripraktikumi tööjuhendid. Trt., 1965, 1970, 1982.
4. E. Tamm. Üldmõõtmiste praktikumi tööjuhendid II. Trt., 1979.
5. H. Oks, T. Mürsepp. Füüsika praktikumi tööjuhendid mittefüüsikutele. 2. Trt., 1974, 1981.
6. P. Prüller, A. Pae. Füüsika üldpraktikumi uued laboratoorsed tööd. TRÜ-s säilitatav käsikiri. 1949.-1950.

OPTIKA PRAKTIKUM AASTATEL 1945 - 1982

M. Laan

Koos muutustega optikas kui teaduses on toimunud viimasel 20 aastal optika kui üldfüüsika kursuse tunduvalt modifitseerimine. Paratamatult jääb praktikum õppetöö teistest vor-

midest inertsemaks. Samal ajal peaks üliõpilase poolt praktikumis tehtavad tööd haarama kõiki olulisemaid teemasid, mida käsitletakse praktikumis. Ülaltoodu on fooniks, mille taustal vaadeldakse käesolevas ettekandes muutusi optika praktikumis ajavahemikul 1945 - 1982.

Esimestes pärastsojajärgsetes praktikumiraamatutes [1, 2] on optikaalaseid praktikumitöid 11. 1981 - 1982 ö.-a. praktikumitööde nimekirjas on 23 eri nimetust. Kui lisada [1, 2] andmetele [3] omad, siis võib väita, et 30 aasta jooksul on praktiliselt muutumatuks jäänud 3 tööd - kõik geometrilise optika valdkonnast. Kuuekümnendate aastate alguseks olid lisandunud tööd valguse interferentsi (Newtoni rõngad) ja geometrilise optika (läätse aberratsioonid) alal. Järgnev kümnend tõi kaasa paljude tööde sisukamaks muutmise. Enamike tööde korral oli võimalik saada kontrollitavaid kvantitatiivseid tulemusi. Nõrgemaks jäi tööde osakaal polarisatsiooninähtuste osas, piirdudes endiselt sahhari-meetri uurimisega. 70-ndate keskel saabus ka üldfüüsika praktikumi laserajastu (15-a. hiline misega). Laserid võimaldasid väheste jõupingutustega üles seada rida uusi töid. Praegusel momendil võib väita, et iga üliõpilane sooritab töid kõigist optika põhivaldkondadest (v.a. mittelineaarne optika), kusjuures on võimalik töö andmisel lähtuda üliõpilase võimetest. Nõrgim on praktikumis osa, mis esindab kiirgusallikate omaduste uurimist. Tööd jätkub küllaga ka eelseisvateks kümnenditeks.

Kirjandus

1. J. Lang, A. Pae. Füüsika praktikum Tartu Riiklikus Ülikoolis, RK "Teaduslik Kirjandus", Tartu, 1947.
2. J. Lang, G. Mets, A. Pae. Füüsika praktikum I, ERK, Tallinn, 1953.
3. A. Pae, P. Prüller. Füüsika üldpraktikumi uued laboratoorsed tööd, TRÜ, käsikiri, 1949 - 1950.

ERILABORATOORIUMID
EKSPERIMENTAALFÜÜSIKA KATEEDRIS

K.-S. Rebane

Pärast sõda organiseeris ja viis läbi erilaboratooriume füüsikaosakonna üliõpilastele A. Pae. 50-ndate aastate keskel juurdus füüsikaosakonnas erilaboratooriumide individuaaljuhendamise vorm [1]. Selle kohaselt kinnistati üliõpilane alates kolmandast kursusest õppejõu juurde ja ta pidi tunniplaanis erilaboratooriumideks ettenähtud aja jooksul osa võtma oma juhendaja teaduslikust tööst. Seda erilaboratooriumide läbiviimise korda on kasutatud eksperimentaalfüüsika kateedris kogu kateedri tegutsemise kestel alates 1958. aastast. Juhendaja ettepanekul koostatakse õppeaasta algul iga üliõpilase kohta erilaboratooriumi programm, kus on ära näidatud konkreetset ülesanded, mida tuleb lahendada. Töö iseloomult jaotuvad erilaboratooriumide teemad järgmistesse gruppidesse: a) luminestsents ja elektroluminestsents; b) tahke keha spektroskoopia, sealhulgas ka raadiospektroskoopia; c) röntgenstruktuuranalüüs; d) vaakumtehnoloogia; e) õhukeste kilede optika; f) mehhanokeemia; g) elektroonika, sealhulgas elektronseadmete konstrueerimine. Enamiku nende teemade alal on kateedris loodud teaduslaboratooriumid. Osa töid tehakse elektroluminentsi ja pooljuhtide laboratooriumis ja teistes teadusasutustes. Sellise erilaboratooriumi käigus saab üliõpilane küllalt põhjaliku ettevalmistuse oma erialal. Langeb ära nii ruumide kui ka spetsiaalse aparatuuri hankimise vajadus üliõpilaste õppe-erilaboratooriumide organiseerimiseks. Niisugune õppetöö vorm võimaldab paremini üliõpilasi kaasa tõmmata teaduslikule tööle. Eelteadmised sellistes erilaboratooriumides töötamiseks saavad üliõpilased kolmandal kursusel läbiviidavates eripraktikumides.

Kirjandus

1. K.-S. Rebane. Tartu Riikliku Ülikooli eksperimentaalfüü-

sika kateeder 1958-1975. Raamatus: Tartu ülikooli ajaloo küsimusi V. TRÜ - Tartu, 1977, lk. 40-49.

EKSPERIMENTAALFÜÜSIKA KATEEDRI ERIPRAKTIKUMIDE SÜSTEEM

L. Pung

Füüsikutele vajalike praktiliste kogemuste omandamiseks ja loengutel saadud teadmiste süvendamise ja kinnistamise eesmärgil on eksperimentaalfüüsika kateedris loodud füüsikaosakonna III kursuse üliõpilastele neljast eripraktikumist koosnev tsükkel.

Sügissemestril läbitakse spektroskoopia ja röntgenpraktikum ning kevadsemestril tuumafüüsika ja vaakumtehnika praktikum.

Spektroskoopia praktikumis üliõpilased õpivad põhjalikult tundma spektrograafide omadusi ja kasutamist. Teostatakse ainete spektraalanalüüsi, suurt lahutusvõimet omava spektraalriistaga määratakse spektrijoone ülipeenstruktuuri. Mõõdetakse ka ainete kombinatsioonhajumise spektreid.

Röntgenpraktikumis omandavad üliõpilased teadmisi röntgenikiirtest, röntgenitehnikast ja kristallograafiast. Praktiliselt saadakse röntgenogramm ja inditseeritakse tekkinud difraktsioonijooned. Arvutatakse välja difraktsioonijoonete suhteline intensiivsus ja elektronide tiheduse jaotus ühikraku. Tutvutakse ka elektronograafia alustega.

Kevadsemestril läbivad üliõpilased tuumafüüsika ja vaakumtehnika praktikumid. Tuumafüüsika praktikumis tutvuvad üliõpilased radioaktiivsete kiirguste registreerimise detektorite ja elektrooniliste vahenditega. Uuritakse erinevate radioaktiivsete kiirguste neeldumist ainetes. Mõõdetakse gammakiirguse resonantsneeldumist Mössbaueri spektrometriaga ja erinevate ainete tuumade güromagnetilisi suhteid.

Vaakumtehnika praktikumis tutvuvad üliõpilased vaakum-

tehnikalaadustega ning saavad kogemuse vaakumseadmetega töötamiseks. Valmistatakse kilokondensaator ja uuritakse selle omadusi.

Eripraktikumid on suure osas varustatud kaasaegse aparatuuriga. Mitmete tööde tulemuste arvutamisel kasutatakse füüsikahoone arvutuskeskust. Pidevalt kulgeb praktikumide sisustuse uuendamine. Kõik eripraktikumid on varustatud TRÜ rotaprintil trükitud tööde juhenditega.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ УНИВЕРСИТЕТСКОГО КУРСА АТОМНОЙ ФИЗИКИ

Ю. Лембра

Обсуждаются вопросы, связанные с преподаванием атомной физики (АФ) как раздела университетского курса общей физики (ОФ) по специальности № 2016 (физика).

Неоднократно уже отмечено [1, ч. I, с. 62, с. 124; ч. 2, с. 94], что типовая программа АФ не согласуется со временем, предусмотренным учебным планом для изучения этой дисциплины. Следует либо увеличить время преподавания, либо уменьшить объем программы. Поскольку общее время обучения является ограниченным, то более целесообразным является уменьшение объема программы. При этом еще учтено, что в нынешнюю программу АФ входят многие вопросы, составляющие фактически предмет спецкурсов [1, ч. I, с. 124]. В связи с переработкой программы встает вопрос о написании всесоюзного учебника по АФ. Для сравнения отметим, что для остальных разделов ОФ имеются учебники, соответствующие типовой программе.

Для устранения неувязки между положениями объяснительной записки типовой программы ОФ и учебным планом следует ввести практические занятия АФ в виде решения задач [1, ч. 2, с. 94]. Для сравнения обращаем внимание на неприемлемое решение этого вопроса в [2, с. 80].

СКБ Минвуза СССР следует повысить качество выпускаемых демонстрационных плакатов по АФ. Возникает также необходимость изготовления в централизованном порядке аппаратуры для лекционных демонстраций АФ.

Анализ раздела А Реферативного журнала "Физика" показывает, что методические статьи по АФ публикуются в отечественной литературе очень редко. Было бы целесообразно, если бы зональные методические советы поручили ведущим лекторам написать статьи по актуальным вопросам преподавания АФ для всесоюзного научно-методического сборника "Физика". В условиях ТТУ университетскому методическому совету следовало бы всячески поддержать издание сборника "В помощь преподавателю".

Литература

1. Тезисы докладов седьмого семинара-совещания ведущих кафедр и ведущих лекторов по общей физике высших учебных заведений БССР, ЛитССР, ЛатвССР, ЭстССР и Калининградской области РСФСР. Ч. I и 2. Таллин, 1980.
2. Материалы совещания-семинара ведущих кафедр вузов Северо-западной зоны РСФСР, Петрозаводск, 1979.

FÜÜSIKA ÕPETAMISEST TRÜ ETTEVALMISTUSOSAKONNAS

A. Pae

Füüsika õpetamine algas osakonna loomisega 1970.a. nendes osakondadesse astujaile, kus on füüsika sisseastumiskõh.

Õpetatakse üleliidulise programmi alusel, mis on peaaegu muutusteta püsinud. Programm erineb keskkooli ja sisseastumiseksamite programmist ületades mahult viimast tunduvalt.

Plaan on püsinud muutusteta: 90 tundi loenguid, 120 tun-

di praktilisi ja laboratoorseid töid kõigile füüsikat õppijaile ja füüsika- ning matemaatikaosakonda astujaile 90 tunni seminare.

Esimesel kahel aastal oli õppetöö jaotatud kahele õppejõule. Hiljem on teine õppejõud abistanud ainult laboratoorsesel praktikumil.

Teadmiste kontrolliks kujunes välja 7 kontrolltööd vastavalt programmi põhiosadele ja poolaasta lõpul arvestus ning õppeaasta lõpul eksam.

Õpetatavate arv oli minimaalne 1971/72. õ.-a. 32 ja maksimaalne 1980/81. õ.-a. 53. Füüsika eksamile pääsenuid oli 17 kuni 39 vastavalt 1971/72 ja 1978/79. õ.-a. Eksamitele pääsenute õppeedukus füüsikas minimaalne 1974/75. õ.-a. (89,5%) ja maksimaalne 1975/76. õ.-a. (100%).

Füüsika osakonda astuda soovijaid on olnud kokku 10, kellest enamik pole võimelised füüsikaosakonnas edasi jõudma. Üldiselt on õpetatavate kontingent keskmisest tagasihoidlikumate võimetega, kuid ületab üliõpilasi töötahelt ja distsipliinilt.

Õppevahendeiks on olnud keskkooli õpikud ja 1973.a. alates osakonnale koostatud ülesannete kogu, mis on ilmunud kahes trükis.

ÕPPEEDUKUS JA -DISTSIPLIIN TRÜ FÜÜSIKAOSAKONNAS

T. Määrsepp, H. Voolaid, L. Sossi

Uriti TRÜ füüsikaosakonna I ja II kursuse üliõpilaste õppeedukuse ja -distsipliini vahelist seost 9 semestri vältel (1977.a. - 1981.a.).

Lähtematerjaliks oli rühmapäevikutes registreeritud puudunud tundide arv ja üliõpilaste keskmised hinded eksamissessioonil. Ümbertegemisi ja puudumiste põhjendust ei arvestatud.

Andmeid töödeldi korrelatsioonanalüüsi meetodil.

Tulemused näitavad keskmise hinde ilmset sõltuvust puudunud tundide arvust, kuigi lähteandmed on moonutatud mitmel põhjustel. Näiteks, rühmavanema ebaobjektiivsus päeviku täitmisel ja mõnede andekate üliõpilaste hinnete sõltumatus puudunud tundide arvust. Väheste võimetega üliõpilaste korral on keskmine hinne madal, kuigi puudunud tundide arv on väike.

Õppedistsipliini mõjutavad ka suhted üliõpilaste ja õppejõudude vahel, loengumaterjali suur kattuvus üldkättesaadava õppekirjandusega ja loengu liialt nõrk või kõrge tase antud kursuse üliõpilaste jaoks.

Tulemuste analüüs näitab, et hea õppeedukuse saavutamiseks on õppedistsipliin vajalik, kuid ainult selle formaalne nõudmine üksikute isikute poolt ei taga vajalikku teadmiste taset. Heade erialaste teadmistega spetsialisti ettevalmistamiseks on vajalik kõikide üliõpilastega tegelevate õppejõudude ja instantside sisuline koostöö.

SISUKORD

Plenaaristungi ettekannete teesid	3
P. Kard. Tartu Riikliku Ülikooli teoreetilise füüsika kateedri ajaloost aastatel 1945-81	3
K.-С. Ребане. Исследование люминесценции в Тартуском госуниверситете	4
M. Эланго. Сотрудничество кафедры физики твердого тела с Институтом физики АН ЭССР	7
V. Ruttas. Teadusliku ja pedagoogilise mõtte arengu seos üldfüüsika kateedris	8
Sektsioonide ettekannete teesid	11
I sektsioon. <u>Teoreetiline füüsika</u>	11
A. Koppel. Gravitatsioonivälja võrrandite täpsete lahendite genereerimismeetodid ja vastavuse printsiip	11
И. Пийр. Принцип Гюйгенса в искривленном пространстве-времени	12
B. Унт. О калибровочных условиях, применимых во всем пространстве-времени	13
P. Манкин. О семействах сферических волн произвольного порядка	14
M. Koiv. Välja ja ruumi sümmeetria	16
L. Palgi. Neutriinode masside ja segunemise mõtlemise võimalustest	16
E. Temmet. Millist informatsiooni annab M-mesoosatom	18
P. Лойде. О нарушении причинности в уравнениях для вышних спинов	18
P. Kard. Liikumatu lainepakett	19
M. Liigant. Mitmeteljeliste astronoomiliste monteeringute kasutamisest positsioonivaatlusel	20
II sektsioon. <u>Tahke keha füüsika ja elektroonika</u>	22
B. Хижняков. Динамика колебательной релаксации в возбужденном электронном состоянии	22

Н. Кристофель. Некоторые нелинейные оптические явления в схеме вибронной теории сегнетоэлектриков . . .	23
Л. Ребане. Низкотемпературная релаксация возбуждений в примесной молекуле в твердотельных матрицах	24
А. Лушик, Л. Пунг. Френкелевские пары дефектов в делочногалогидных кристаллах	25
И. Яэк, К. Реало. Зонная структура соединений типа $AlIVVI$	26
В. Семан. Радиационные дефекты в нестехиометрических кристаллах SrO	27
А. Отс. Põhivõredefektide uurimisest tsinksulfiidis . . .	28
А. Наав. Röntgenograafilisest uurimistööst eksperimentaalfüüsika kateedris	29
У. Ньям. ZnS - давно, но мало исследованный фосфор . . .	30
Е. Talviste. Tsinksulfiid - ainulaadne materjal valgusindikaatorite tarbeks	31
Л. Уйбо, А. Паз. Механическая активация химических реакций при диспергировании твердых тел	33
Н. Villem, J. Villem, O. Saks. Molekulide uurimine fotoelektron-spektroskoopia meetodil	34
А. Розенталь. Гетеролазеры на полупроводниковых соединениях типа $AlIIIIV$ в спектроскопии и газовом анализе	35
В. Vassiltšenko, А. Kask. Elektroluminestsentskileindikaatorite elektrilised omadused	36
В. Васильченко, Л. Матизен. Электрофизические свойства тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов	37
А.-А. Tammik. Vaakumseadmete konstrueerimisest ja ehitamisest optoelektronika ja elektroonika tarbeks kileelementide valmistamiseks	38
Ж. Няммалов. Adsorptsiooni-desorptsiooniprotsesside mõjust nõrkade voolude mõotmisel	39
М. Anso, М. Pärn, O. Saks, V. Šor. Teraoomeetrite häirekindlusest	40

M. Roos. MDM-võimendi dünaamilised omadused mitmesu- guste sünkroondetektorite puhul	41
III seksioon. <u>Aeroionisatsioon ja gaaslahendus</u>	43
Я. Рейнет. Об исследовании ионизации атмосферы в Тарту	43
Я. Салым. Работы по спектрометрии аэроионов в Тартуском государственном университете	45
K. Kudu. Gaaslahendusalaesed uurimused TRÜ-s 1945.-1982.a.	46
E. Tamm. Aerosoolide elektrilise spektromeetria alastest uurimistöödest AEL-is	47
Л. Виснапуу. Об аэрозольных генераторах, созданных в проблемной лаборатории аэроионизации и элект- роаэрозолей	48
Л. Вадковая, Л. Виснапуу. Об изобретательской деятель- ности проблемной лаборатории аэроионизации и элект- роаэрозолей	49
M. Arold. TRÜ õhuelektrilisest välibaasist Vilsan- dil	51
J. Salm, H. Ther. Aeroioonide liikuvusspektri sõl- tuvus õhu lisanditest	51
E. Sula. Aerosooliosakeste spektri evolutsioonist	52
A. Mirme, I. Peil. Osakeste liikuvuse paljukanali- line analüsaator muudetava mõõtepiirkonnaga	53
M. Ноппель. Об учете ошибок элементов аппаратной матрицы при статистической оценке спектра в спектрометрии	54
Ü. Kikas. Testaerosoolide produtseerimisest elektro- staatilisest separeerimisega	55
A. Mirme. Aerosooli elektriline spektromeeter ja andmetöötlus liinil arvutiga	57
P. Приyman. К исследованиям по применению аэрозолей в целях защиты окружающей среды	58
A. Haljaste. Striimeri leviku dünaamika	59
M. Айнтс. Распространение одноэлектродного высоко- частотного разряда в атмосферном воздухе	60
M. Laan, J. Susi. Põrlemistemperatuuri muutumine	

kõrgsagedusimpulsslahenduse ajal	61
M. Таммеорг. Исследование ВЧ коаксиального разряда низкого давления в магнитном поле	62
IV seksioon. <u>Pedagoogika ja metoodika</u>	64
G. Karu. Õpilaste vaimse tegevuse juhtimine füüsikatunnis	64
Э. Пятель. Некоторые методологические вопросы курса механики 8-го класса	65
O. Семан. Работа И. Вилпа и Б. Голыгина по Доплер-эффекту	66
V. Ruttas. Füüsilise mõtlemise kujundamisest erinevates õppevormides	67
E. Krull. Programmõppe edasise arengu perspek- tiividest	68
K. Timpmann. Näitlikkuse printsiip kõrgkooli didaktikas	69
M. Pärn. Üldmõõtmiste praktikumi didaktilistest võimalustest	70
M. Salundi. Üliõpilaste iseseisva ja auditoorse töö vahekorrast	71
H. Voolaid. TRÜ üldfüüsika praktikum aastail 1945 - 1982	73
E. Tamm. Üldfüüsika mehhaanikapraktikum TRÜ-s sõjajärgsetel aastatel	74
J. Salm. Molekulaarfüüsika praktikum Tartu Riiklikus Ülikoolis	74
K. Kudu. Elektrialased tööd TRÜ üldfüüsika praktikumis 1945. - 1982.a.	75
M. Laan. Optika praktikum aastatel 1945 - 1982	76
K.-S. Rebane. Erilaboratooriumid eksperimentaal- füüsika kateedris	78
L. Pung. Eksperimentaalfüüsika kateedri eriprak- tikumide süsteem	79
Ю. Лембра. О возможностях усовершенствования препо- давания университетского курса атомной физики	80
A. Pae. Füüsika õpetamisest TRÜ ettevalmistus- osakonnas	81

T. Määrsepp, H. Voolaid, L. Sossi. Õppeedukus ja
-distsipliin TRÜ füüsikaosakonnas 82

Tasuta