«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научного совета РАН «Квантовые технологии»,
академик-секретарь ОНИТ РАН,
академик РАН

Г.Я. Красников

«30» июня 2022 г.

ПРОТОКОЛ
заседания Научного совета РАН «Квантовые технологии»
(далее — «Совет»)
по теме «Квантовые материалы – 1»

МЕСТО И ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ: г. Москва, Ленинский пр-т, 32А, здание РАН, Красный зал. 23 июня 2022 г. с 10:00 до 14:28.

ФОРМАТ ПРОВЕДЕНИЯ: смешанный – очный и дистанционный (онлайн в Zoom).

ПРОВЕЛ:

Заместитель Председателя Совета, академик РАН А.А. Горбацевич.

УЧАСТВОВАЛИ:

Члены Бюро Совета

1. Горбацевич Александр Алексеевич, академик РАН	заместитель председателя Совета, заведующий лабораторией ФИАН, заведующий кафедрой квантовой физики и наноэлектроники НИУ МИЭТ, заведующий лабораторией АО «НИИМЭ» (очно)
2. Холево Александр Семёнович, академик РАН	заместитель председателя Совета, заведующий отделом, главный научный сотрудник МИАН (онлайн)
3. Александров Евгений Борисович, академик РАН	руководитель лаборатории атомной радиоспектроскопии ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
4. Кведер Виталий Владимирович, академик РАН	научный руководитель ИФТТ РАН (онлайн)
5. Сурис Роберт Арнольдович, академик РАН	главный научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
6. Колачевский Николай Николаевич, член-корреспондент РАН	директор ФИАН (очно)

7. Красильник Захарий Фишелевич, член-корреспондент РАН	руководитель научного направления «Физика микро- и наноструктур» ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН (онлайн)
8. Махлин Юрий Генрихович, член-корреспондент РАН	главный научный сотрудник ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, заведующий лабораторией физики конденсированного состояния НИУ ВШЭ (очно)
9. Кулик Сергей Павлович, доктор физико-математических наук	научный руководитель Центра квантовых технологий физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (очно)
10. Устинов Алексей Валентинович, доктор физико-математических наук	руководитель группы РКЦ, заведующий лабораторией «Сверхпроводящие метаматериалы» НИТУ «МИСиС», профессор, директор Физического института Технологический институт Карлсруэ (Германия) (онлайн)
11. Фельдман Эдуард Беньяминович, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией ИПХФ РАН (онлайн)
12. Тельминов Олег Александрович, кандидат технических наук	ученый секретарь Совета, начальник лаборатории АО «НИИМЭ», доцент базовой кафедры микро- и наноэлектроники МФТИ (очно)

Члены Совета

13. Глазов Михаил Михайлович, член-корреспондент РАН	ведущий научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
14. Двуреченский Анатолий Васильевич, член-корреспондент РАН	заведующий лабораторией неравновесных полупроводниковых систем ИФП СО РАН, профессор кафедры «Физика полупроводников» Новосибирского государственного университета (онлайн)
15. Ивченко Евгениюс Левович, член-корреспондент РАН	заведующий сектором ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
16. Никитов Сергей Аполлонович, член-корреспондент РАН	директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (очно)
17. Турлапов Андрей Вадимович, член-корреспондент РАН, PhD	заведующий лабораторией ультрахолодных квантовых систем ИПФ РАН, руководитель научной группы РКЦ (онлайн)
18. Шеремет Игорь Анатольевич, член-корреспондент РАН	заместитель директора по науке РФФИ (онлайн)

19. Калачёв Алексей Алексеевич, профессор РАН, доктор физико-математических наук	директор ФИЦ КазНЦ РАН (очно)
20. Печень Александр Николаевич, профессор РАН, доктор физико-математических наук	заведующий отделом МИАН (онлайн)
21. Абгарян Каринэ Карленовна, доктор физико-математических наук	главный научный сотрудник, руководитель отдела ФИЦ ИУ РАН, профессор факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой 810Б «Информационные технологии в моделировании и управлении» на базе ФИЦ ИУ РАН МАИ (очно)
22. Аблаев Фарид Мансурович, доктор физико-математических наук	заведующий кафедрой теоретической кибернетики Казанского (Приволжского) федерального университета, главный научный сотрудник Физико-технического института ФИЦ КазНЦ РАН (онлайн)
23. Звездин Анатолий Константинович, доктор физико-математических наук	главный научный сотрудник ИОФ РАН (онлайн)
24. Погосов Вальтер Валентинович, доктор физико-математических наук	начальник лаборатории микро- и наноструктур ФГУП «ВНИИА» (онлайн)
25. Сысоев Николай Николаевич, доктор физико-математических наук	декан физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (онлайн)
26. Велихов Василий Евгеньевич, кандидат физико-математических наук	директор-координатор объединенного вычислительного кластера НИЦ «Курчатовский институт» (онлайн)
27. Вьюрков Владимир Владимирович, кандидат физико-математических наук	ведущий научный сотрудник ФТИАН им. К.А. Валиева РАН (очно)
28. Гуртовой Владимир Леонидович, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник ИПТМ РАН (онлайн)

От Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

29. Романов Андрей Михайлович	заместитель директора Департамента государственной научной и научно-технической политики Минобрнауки России (онлайн)

От Общества с ограниченной ответственностью «Совместное предприятие «Квантовые технологии» (Госкорпорация «Росатом»), г. Москва

30. Борисов Ярослав Михайлович	руководитель направления по новым проектам ООО «СП «Квант» (Госкорпорация «Росатом») (онлайн)
31. Кольченко Михаил Алексеевич	начальник отдела ООО «СП «Квант» (Госкорпорация «Росатом») (онлайн)
32. Рябинина Анна Юрьевна	исполнительный директор ООО «СП «Квант» (Госкорпорация «Росатом») (онлайн)

От ООО «МЦКТ» (Российский квантовый центр), г. Москва

33. Кавокин Алексей Витальевич, доктор физико-математических наук	руководитель группы Квантовой Поляритоники РКЦ, директор Международного центра теоретической физики им. А.А. Абрикосова МФТИ (онлайн)

От Фонда перспективных исследований, г. Москва

34. Ремнев Михаил Анатольевич, кандидат физико-математических наук	руководитель проекта Центра перспективной электроники направления информационных исследований Фонда перспективных исследований (онлайн)

От Института систем обработки изображений Российской академии наук — филиала Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук», г. Самара

35. Нестеренко Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук	старший научный сотрудник ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, профессор, ведущий научный сотрудник Самарского университета (онлайн)

От Института физики им. Л.В. Киренского Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

36. Тимофеев Иван Владимирович, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН (ИФ СО РАН), профессор Сибирского федерального университета (онлайн)

От Института физики микроструктур РАН — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород

37. Гапонов Сергей Викторович, академик РАН	советник ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН (онлайн)
38. Салащенко Николай Николаевич, член-корреспондент РАН	заведующий отделом, главный научный сотрудник ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН (онлайн)
39. Мельников Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук	заведующий отделом ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН (очно)
40. Панкратов Андрей Леонидович, доктор физико-математических наук	ведущий научный сотрудник отдела терагерцовой спектрометрии ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН, профессор кафедры прикладной математики ННГУ им. Н.И. Лобачевского (онлайн)

От Казанского физико-технического института имени Е.К. Завойского - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань

41. Тейтельбаум Григорий Бенционович, доктор физико-математических наук	руководитель лаборатории КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия наук», г. Москва

42. Ситник Леонид Леонидович	главный специалист Управления научно-информационной деятельности РАН (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук, г. Москва

43. Алтайский Михаил Викторович, доктор физико-математических наук	ведущий научный сотрудник ИКИ РАН (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук, г. Москва

44. Сауров Александр Николаевич, академик РАН	директор ИНМЭ РАН (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва

45. Гочелашвили Константин Семенович, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник лаборатории нелинейной оптики ИОФ РАН (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, г. Черноголовка Московской обл.

46. Ларкин Иван Анатольевич, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник ИПТМ РАН (онлайн)
47. Шабельникова Яна Леонидовна, кандидат физико-математических наук	научный сотрудник ИПТМ РАН (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Москва

48. Кузнецова Ирен Евгеньевна, профессор РАН, доктор физико-математических наук	главный научный сотрудник, заведующий отделом аспирантуры ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (очно)
49. Зайцев-Зотов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук	заместитель директора ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (очно)
50. Коледов Виктор Викторович, доктор физико-математических наук	ведущий научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (онлайн)
51. Кошелец Валерий Павлович, доктор физико-математических наук	главный научный сотрудник, заведующий лабораторией ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (онлайн)
52. Покровский Вадим Ярославович, доктор физико-математических наук	ведущий научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт спектроскопии Российской академии наук, г. Москва, г.Троицк

53. Балыкин Виктор Иванович, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией лазерной спектроскопии ИСАН, профессор базовой кафедры квантовой оптики и нанофотоники ИСАН НИУ ВШЭ (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук

54. Рахманов Александр Львович, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией ИТПЭ РАН, главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИА» (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

55. Ковалев Вадим Михайлович, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией ИФП СО РАН (онлайн)
56. Ненашев Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник ИФП СО РАН (онлайн)
57. Антонов Валентин Андреевич	ведущий инженер-технолог ИФП СО РАН (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук, г. Черноголовка Московской обл.

58. Девятов Эдуард Валентинович, профессор РАН, доктор физико-математических наук	заместитель директора ИФТТ РАН (очно)
59. Левченко Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук	директор ИФТТ РАН (онлайн)
60. Тулина Наталья Алексеевна, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник ИФТТ РАН (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

61. Тайченачев Алексей Владимирович, член-корреспондент РАН	директор ИЛФ СО РАН, профессор НГУ (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук, г. Москва

62. Теретёнков Александр Евгеньевич, кандидат физико-математических наук	научный сотрудник МИАН (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург

63. Шамрай Александр Валерьевич, доктор физико-математических наук	заведующий лабораторией квантовой электроники ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
64. Анисимов Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук	научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)
65. Рахлин Максим Владимирович, кандидат физико-математических наук	научный сотрудник лаборатории квантовой фотоники ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технологический институт имени К.А. Валиева Российской академии наук, г. Москва

66. Федичкин Леонид Евгеньевич, кандидат физико-математических наук	ведущий научный сотрудник ФТИАН им. К.А. Валиева РАН, доцент кафедры теоретической физики МФТИ (очно)

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва

67. Пудалов Владимир Моисеевич, член-корреспондент РАН	руководитель Центра высокотемпературной сверхпроводимости и квантовых материалов им. В.Л. Гинзбурга ФИАН, профессор МФТИ, профессор НИУ ВШЭ (очно)
68. Малыхин Сергей Александрович, PhD	младший научный сотрудник отделения физики твердого тела ФИАН (онлайн)

От Федерального государственного унитарного предприятия Экспериментальный завод научного приборостроения со Специальным конструкторским бюро Российской академии наук, г. Черноголовка Московской обл.

69. Веретенников Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук	заместитель генерального директора по научно-технической работе и проектам ФГУП ЭЗАН (онлайн)

От Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва

70. Бажанов Дмитрий Игоревич, кандидат физико-математических наук, PhD	старший научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН, старший преподаватель Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (очно)

От Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт - республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы», г. Москва

71. Беневоленский Сергей Борисович, доктор технических наук	главный научный сотрудник ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ (онлайн)

От Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова»

72. Сатанин Аркадий Михайлович, доктор физико-математических наук	главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИА» (онлайн)

От Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», г.о. Солнечногорск Московской обл.

73. Фатеев Вячеслав Филиппович, доктор технических наук	начальник научно-технического центра ФГУП «ВНИИФТРИ», профессор аспирантуры ПАО «МАК «Вымпел» (онлайн)
74. Хромов Максим Николаевич, кандидат физико-математических наук	заместитель начальника ГМЦ ГСВЧ по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ» (онлайн)

От Автономной некоммерческой организации «Университет Иннополис», г. Иннополис

75. Тормасов Александр Геннадьевич, доктор физико-математических наук	ректор АНО ВО «Университет Иннополис» (онлайн)

От Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь

76. Полулях Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук	заведующий кафедрой экспериментальной физики Физико-технического института Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского (онлайн)

От Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва

77. Капуткина Наталия Ефимовна, доктор физико-математических наук	профессор НИТУ «МИСиС» (очно)
78. Мухин Сергей Иванович, доктор физико-математических наук	заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС» (очно)
79. Кобелева Светлана Петровна, кандидат физико-математических наук	доцент кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС» (онлайн)
80. Курочкин Владимир Леонидович, кандидат физико-математических наук	заведующий лабораторией НИТУ «МИСиС», ведущий исследователь РКЦ (онлайн)

От Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург

81. Алоджанц Александр Павлович, доктор физико-математических наук	профессор Института перспективных систем передачи данных, старший научный сотрудник национального центра когнитивных разработок Университета ИТМО (онлайн)
82. Баженов Андрей Юрьевич	аспирант Института перспективных систем передачи данных Университета ИТМО (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

83. Постнов Сергей Сергеевич, кандидат физико-математических наук	доцент РТУ МИРЭА (очно)

От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

84. Черепнев Михаил Алексеевич, доктор физико-математических наук	доцент факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, научный сотрудник АО «Концерн «Автоматика» (онлайн)

От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск

85. Фотиади Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук	ведущий научный сотрудник НИТИ Ульяновского государственного университета, старший научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе, senior scientist, Prof. University of Mons (Бельгия) (онлайн)

От Акционерного общества «Концерн «Автоматика», г. Москва

86. Москвичев Андрей Иванович	заместитель генерального конструктора АО «Концерн «Автоматика» (онлайн)

От Акционерного общества «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», г. Москва, г. Зеленоград

87. Бокарев Валерий Павлович, доктор технических наук	начальник отдела службы главного конструктора АО «НИИМЭ», доцент базовой кафедры «Микро- и наноэлектроника» МФТИ (онлайн)
88. Матюшкин Игорь Валерьевич, кандидат физико-математических наук	старший научный сотрудник АО «НИИМЭ» (онлайн)
89. Прилипко Константин Владимирович	главный специалист АО «НИИМЭ» (очно)

От Акционерного общества «Центральное конструкторское бюро «ДЕЙТОН», г. Москва, г. Зеленоград

90. Рубцов Юрий Васильевич	генеральный директор АО «ЦКБ «Дейтон» (онлайн)

От Общества с ограниченной ответственностью «Академия информационных систем «Профессиональные компетенции», г. Москва

91. Болмасов Александр Егорович	продюсер деловых мероприятий ООО «АИС ПК» (очно)

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Академик РАН Горбацевич Александр Алексеевич (ФИАН, НИУ МИЭТ, АО «НИИМЭ»). Открытие заседания.

(1) д.ф.-м.н. Кавокин Алексей Витальевич (РКЦ, МФТИ). Прогресс физики экситон-поляритонных конденсатов.

(2) Моргун Леонид Александрович, член-корр. РАН Пудалов Владимир Моисеевич (ФИАН), к.ф.-м.н. Сахин Василий Олегович, Куковицкий Евгений Филиппович, Таланов Юрий Иванович, очно д.ф.-м.н. Тейтельбаум Григорий Бенционович

(КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН). Топологические изоляторы: от идеализированных моделей к реальным материалам.
(3) член-корр. РАН Глазов Михаил Михайлович (ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Атомарно-тонкие дихалькогениды переходных металлов: необычные свойства и перспективы.
(4) д.ф.-м.н. Рахманов Александр Львович (ИТПЭ РАН, ФГУП «ВНИИА»). Необычные электронные свойства двухслойного графена.
(5) профессор РАН, д.ф.-м.н. Девятов Эдуард Валентинович (ИФТТ РАН). Необычные магнонные моды в топологических полуметаллах.
(6) д.ф.-м.н. Мельников Александр Сергеевич (ИФМ РАН – филиал ИПФ РАН). Топологически защищенные сверхпроводящие кубиты.
(7) д.ф.-м.н. Мухин Сергей Иванович (НИТУ «МИСиС»). Евклидовы Q-шары электронной плотности спина/заряда со сверхпроводящими конденсатами как источник псевдощелевой фазы и высокотемпературной сверхпроводимости.
(8) д.ф.-м.н. Алоджанц Александр Павлович (Университет ИТМО). Фазовые переходы в микроструктурах с комплексной сетевой архитектурой.
Общая дискуссия. Подведение итогов заседания Научного совета.

(академик РАН А.А. Горбацевич; академик РАН Р.А. Сурис;
член-корр. РАН М.М. Глазов; член-корр. РАН Ю.Г. Махлин;
профессор РАН, д.ф.-м.н. Э.В. Девятов; д.ф.-м.н. А.П. Алоджанц;
д.ф.-м.н. А.К. Звездин; д.ф.-м.н. А.В. Кавокин; д.ф.-м.н. Н.Е. Капуткина;
д.ф.-м.н. А.С. Мельников; д.ф.-м.н. С.И. Мухин; д.ф.-м.н. А.Л. Рахманов;
д.ф.-м.н. Г.Б. Тейтельбаум; к.ф.-м.н. И.В. Матюшкин)

1. В заседании приняли участие 28 из 46 членов Бюро Совета и членов Совета, а также 63 приглашенных ученых и специалиста – всего 91 человек из 75 организаций и их подразделений. В обсуждении повестки дня участвовало 15 человек.
2. Во вступительном слове при открытии заседания заместитель председателя Совета, академик РАН А.А. Горбацевич отметил существенную роль теоретической разработки и практической реализации квантовых материалов в развитии квантовых технологий.
3. (1) д.ф.-м.н. А.В. Кавокин (РКЦ, МФТИ) сообщил о прогрессе физики экситон-поляритонных конденсатов. Экситонные поляритоны – это композитные бозоны, характеризующиеся сверхлегкой эффективной массой. Они формируют Бозе-Эйнштейновские конденсаты и сверхтекучую жидкость при высоких температурах, включая, в ряде систем, комнатную температуру.

   Манипулировать поляритонной жидкостью в полупроводниковых микрорезонаторах можно, используя оптические методы или внешние поля. В последние годы были экспериментально реализованы сверхструктуры из тысячи и более поляритонных конденсатов, формирующих регулярную решетку в плоскости микрорезонатора. Обсуждено создание сверхбыстрых классических симуляторов на решетках поляритонных конденсатов. Вместе с тем, развиваются концепции нейроморфного компьютера на поляритонах и поляритонных кубитов. Представлен обзор достижений поляритоники за последние годы.
4. (2) д.ф.-м.н. Г.Б. Тейтельбаум (КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН) сообщил о топологических изоляторах в части перехода от идеализированных моделей к реальным материалам. Трехмерные (3D) топологические изоляторы (ТИ)

привлекают бесщелевыми поверхностными состояниями носителей тока с такими нестандартными квантовыми особенностями как спин-импульсный локинг и отсутствие обратного рассеяния. Однако, большинство 3D ТИ, которые удалось обнаружить или синтезировать, являются довольно плохими изоляторами в объеме, что затрудняет применение их уникальных поверхностных свойств. Поэтому установление происхождения объемного транспорта и реализация изоляционного состояния между поверхностями ТИ является весьма актуальной задачей. Более того, исследования ТИ в настоящее время отмечены возрастающим интересом к природе сильного воздействия различных дефектов и локальных неоднородностей заряда, существующих в области между проводящими поверхностями или краями, на фундаментальные свойства поверхностных носителей тока.

Основная цель данной работы – исследование локальных зарядовых неоднородностей в объеме трехмерного топологического изолятора $Bi_{1.08}Sn_{0.02}Sb_{0.9}Te_2S$. Для достижения этой цели мы используем данные, полученные таким локальным методом, как электронный спиновый резонанс (ЭПР), для интерпретации которых привлечены также результаты сканирующей туннельной спектроскопии выращенных нами монокристаллов.

С помощью ЭПР было зафиксировано формирование наноразмерных «капель» заряда в объеме $Bi_{1.08}Sn_{0.02}Sb_{0.9}Te_2S$. Поскольку электроны и дырки «заперты» в этих каплях на большом расстоянии друг от друга, их участие в проводимости путем обычного переноса заряда невозможно. Наши транспортные измерения показывают, что при относительно высоких температурах объемная проводимость носит активационный характер с энергиями активации, которые из-за перколяции могут быть намного меньше половины запрещенной зоны. При достаточно низких температурах электроны и дырки туннелируют между каплями и термоактивированный транспорт сменяется прыжками переменной длины.

Полученные результаты могут быть использованы для корректной интерпретации транспорта в реальных монокристаллах, а также для направленного синтеза новых ТИ.

Работа поддержана РНФ (проект № 21-72-20153) и РФФИ (проект № 20-02-00910).

5. (3) член-корр. РАН М.М. Глазов (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) сообщил о необычных свойствах и перспективах атомарно-тонких дихалькогенидов переходных металлов. Системы с экстремальными физическими свойствами притягивают особый интерес исследователей. Среди экстремально-двумерных систем выделяется графен – монослой атомов углерода и дихалькогениды переходных металлов. Последние описываются общей химической формулой MX2, где M – переходной металл, а X – халькоген. Диселениды (X=Se) и дисульфиды (X=S) молибдена (M=Mo) и вольфрама (M=W) обладают схожими физическими свойствами: это прямозонные полупроводники с шириной запрещенной зоны около 2 эВ, которая реализуется в точках K+ и K- в углах шестиугольной зоны Бриллюэна.

   В докладе будет выполнен обзор современного состояния теоретических и экспериментальных исследований оптических и транспортных эффектов в атомарно-тонких кристаллах дихалькогенидов переходных металлов. Основное внимание будет уделено экситонной серии в этих материалах, управлению

оптическим откликом в ван-дер-ваальсовых гетероструктурах, эффектам, связанным с наличием двух долин в энергетическом спектре и киральным правилам отбора при оптических переходах. Будут описаны проявления экситонов в транспортных эффектах. Также будет обсуждаться долинный и спиновый эффекты Холла на электронах и экситонах.

Несмотря на значительный прогресс в изучении экстремально-двумерных дихалькогенидов переходных металлов, их оптических и транспортных свойств, развитие этой области нанофизики далеко от завершения. Например, последние годы появились гетеробислои, где наблюдается эффект муара – несоизмеримости кристаллических решеток слоев. Такие системы демонстрируют ряд необычных эффектов, а фундаментальное понимание их физических свойств еще не достигнуто.

Также в докладе описаны перспективы применения экстремально-двумерных материалов в области квантовых технологий.

6. (4) д.ф.-м.н. А.Л. Рахманов (ИТПЭ РАН, ФГУП «ВНИИА») сообщил о необычных электронных свойствах двухслойного графена. Двухслойный графен может образовывать одну из трех устойчивых структур, AB (фаза Бернала), AA (простая упаковка) и подкрученный графен (слои повернуты друг относительно друга). В подкрученном графене при углах поворота порядка 1° (первый магический угол) при малом изменении допирования наблюдается чередование диэлектрических и металлических (при низких температурах сверхпроводящих) состояний, сопровождающееся спонтанным нарушением вращательной симметрии и другими необычными явлениями. Такое поведение системы связано с наличием 8 плоских почти вырожденных энергетических зон вблизи поверхности Ферми. Оно находит свое естественное объяснение при адекватном учете туннелирования электронов между слоями и электрон-электронного взаимодействия. Двухслойный графен при малых углах подкрутки можно представить себе, как чередование обширных областей с AA и AB упаковкой. При этом электроны проводимости находятся в AA областях. Поэтому изучение свойств AA графена представляется интересным, несмотря на то, что до настоящего времени нет качественных образцов с AA структурой. Нестинг поверхности Ферми в AA графене приводит к возникновению экзотических дробно-металлических состояний, в которых электроны на поверхности Ферми поляризованы по спину и по индексу электронной долины (или индексу киральности). Другой важной особенностью AA графена, которое моделирует свойства подкрученного графена, является наличие магических радиусов у квантовых точек из этого материала. Вблизи магического радиуса возникает 8 почти вырожденных уровней энергии и происходит изменение симметрии основного состояния недопированного образца.
7. (5) профессор РАН, д.ф.-м.н. Э.В. Девятов (ИФТТ РАН) сообщил о необычных магнонных модах в топологических полуметаллах. Подобно другим топологическим материалам, Вейлевские полуметаллы характеризуются топологически защищёнными поверхностными состояниями – Ферми-арками, соединяющими проекции вейлевских точек на поверхностную зону Брюллиэна в к-пространстве. В отличие от геликоидальных поверхностных состояний в топологических изоляторах, поверхностные состояния в вейлевских полуметаллах являются киральными, как в черновском изоляторе (режим

квантового эффекта Холла). Наличие Ферми-арок было экспериментально продемонстрировано в ARPES измерениях, например, для трёхмерных кристаллов $MoTe_2$ и WTe_2.

В работе экспериментально сравнены два типа интерфейсных структур с магнитными и немагнитными Вейлевскими полуметаллами. Структуры представляют собой контакт между золотой полоской и магнитным Вейлевским полуметаллом Ti2MnAl в одном случае, и ферромагнитной никелевой полоской и немагнитным Вейлевским полуметаллом WTe2 во втором случае. В работе исследован спин-поляризованный транспорт через поверхность Вейлевского полуметалла, благодаря присутствию ферромагнетика в обеих структурах. При этом было показано качественно схожее поведение: гистерезис на вольтамперных кривых при малых токах и резкие пики в дифференциальном сопротивлении при больших токах. Такое поведение напоминает динамику намагниченности, вызванную протекающим током, для ферромагнитных мультислоёв (спиновый диод), однако, эволюция магнонных пиков при изменении магнитного поля происходит иначе, чем в ферромагнитных мультислоях. Авторский коллектив связывает полученные эффекты со вызванной током спиновой динамикой в поверхностном состоянии Вейлевского полуметалла – возбуждением магнонных мод.

Вторая часть работы посвящена аналогичным экспериментам на номинально диамагнитных монокристаллах CoSi с нормальными (золотыми) контактами. Данный материал является реализацией кирального полуметалла, где одновременно нарушены симметрия по отношению к инверсии (как в обычных Вейлевских полуметаллах) и зеркальная симметрия. Данный материал интересен тем, что, в добавление к вызванному симметрией спин-орбитальному взаимодействию, он демонстрирует поверхностный ферромагнетизм в силу наличия оборванных на поверхности связей, при номинально диамагнитном в объёме кристалле. При исследовании переноса заряда между золотым электродом и поверхностью такого монокристаллического флейка CoSi авторским коллективом обнаружены характерные магнонные пики при больших плотностях тока. Данный эффект связан с появлением вызванной током спиновой поляризации в силу сильного спин-орбитального взаимодействия в CoSi. Рассеяние таких неравновесных спин-поляризованных носителей в поверхностном ферромагнитном слое ответственно за возникающую спиновую динамику, так что обнаруженные магнонные моды являются общим эффектом поверхностного ферромагнетизма и сильного спин-орбитального взаимодействия.

8. (6) д.ф.-м.н. А.С. Мельников (ИФМ РАН – филиал ИПФ РАН) доложил и обсудил активно развивающуюся в последнее десятилетие тематику – физику топологически нетривиальных сверхпроводящих состояний и проблеме создания кубитов с большими временами дефазировки на основе таких систем.

   В начале дано определение майорановских состояний в сверхпроводящих системах и рассмотрены их основные свойства: нелокальность, топологическая защищенность, динамика, эффект четности. Приведены примеры: (1) состояний майорановского типа в сверхпроводниках с p-типом спаривания, (2) состояний квазичастиц с нулевой энергией: локализованные состояния квазичастиц в вихрях и состояния, локализованные на краю образца; (3) состояний майорановского типа в системах с индуцированной сверхпроводимостью.

Рассмотрена задача о топологически нетривиальных сверхпроводящих корреляциях, индуцированных в полупроводниковом проводе за счет эффекта близости с обычным сверхпроводником. Приведены и обсуждены условия формирования майорановских состояний и примеры экспериментальных работ по исследованию спектра квазичастиц в таких системах.

Далее обсужден эффект Джозефсона в структурах с майорановскими состояниями: особенности аномального эффекта Джозефсона и сверхпроводящий диодный эффект в майорановских нанопроводах. Рассмотрена возможность наблюдения 4π периодичного джозефсоновского соотношения для сверхтока как функции разности сверхпроводящих фаз на контакте.

В заключении рассмотрены квантовые вычисления в структурах с майорановскими состояниями, приведены простейшие примеры брейдинга в системе перемещаемых майорановских состояний.

9. (7) д.ф.-м.н. С.И. Мухин (НИТУ «МИСиС») сообщил о евклидовых Q-шарах электронной плотности спина/заряда со сверхпроводящими конденсатами в качестве источника псевдощелевой фазы и высокотемпературной сверхпроводимости.

   Найдены самосогласованные решения в виде осциллирующих в мацубаровском времени евклидовых Q-шаров спиновой/зарядовой плотности конечного радиуса, населенных сверхпроводящими конденсатами куперовских/локальных пар. Аналитические результаты получены в модели Хаббарда высокотемпературных сверхпроводников с отталкиванием между электронами на узле, при наличии нестинга между антинодальными точками поверхности Ферми. Q-шаровые решения в евклидовом пространстве, аналогичные знаменитым Q-шарам скварков в суперсимметричной стандартной модели, возникают благодаря глобальной инвариантности эффективной теории относительно вращения фазы Фурье-амплитуд волнообразных флуктуаций ближнего порядка спиновой/зарядовой плотности, что приводит к сохранению «нётеровского заряда» Q вдоль оси мацубаровского времени. Аналитически показано, что конденсация куперовских/локальных пар внутри Q-шара самосогласованно создает локальный минимум при конечной амплитуде в эффективной потенциальной энергии спиновых/зарядовых флуктуаций ниже некоторой температуры T*. Фермионы образуют куперовские/локальные пары, причем роль связывающего «клея» играет обмен флуктуационной модой конечной амплитуды, заполняющей локальный минимум энергии Q-шара. Результаты предлагаемой теории находятся в качественном согласии с известными экспериментальными данными, такими как линейная зависимость температуры сверхпроводящего перехода T_c от плотности сверхпроводящего конденсата n_s,Uemura (1989), а также диамагнитный отклик и куперовское спаривание выше T_c в высокотемпературных купратах, Lu Li и др.
10. (8) д.ф.-м.н. А.П. Алоджанц (Университет ИТМО) сообщил о фазовых переходах в микроструктурах с комплексной сетевой архитектурой. С недавних пор получение сверхсильного (ultrastrong), а также глубоко сильного (deep strong) взаимодействия вещества и квантованного поля излучения стало предметом интенсивных исследований. В этом пределе частота Раби может стать порядка величины частоты фотонного поля резонатора и даже более. С практической точки зрения такой предел взаимодействия интересен в первую очередь своими

необычными свойствами основного состояния, позволяющими их использовать в проблеме защищенных квантовых вычислений. До сих пор сверхсильное взаимодействие было реализовано с сверхпроводящими кубитами, а также на внутризонных переходах в полупроводниках, когда частота поля резонатора существенно меньше оптической.

В настоящей работе предложена новая концепция топологической организации микроструктур, поддерживающих сверхсильное взаимодействие поля и вещества исключительно за счет специфики этой организации. Представлены модели квантовых материалов с сетевым интерфейсом. Эти модели состоят из N двухуровневых квантовых систем (ДКС), занимающих узлы графа со степенным распределением узлов. Ребрами графа являются фотонные каналы, связывающие между собой ДКС (полагается, что в каждом узле находится только одна ДКС). Ключевым свойством предложенных сетевых структур является наличие хабов. В аномальном режиме такие сети, как правило, демонстрирует максимальное количество хабов. Впервые показано, что в системе двухмерных массивов микрорезонаторов, расположенных в узлах сети со степенным распределением степени узлов, может быть достигнута лазерная генерация при исчезающе малой разности инверсии населенности. При этом коэффициент усиления лазерного излучения пропорционален средней степени узлов $<k>$, что обеспечивает гигантское усиление при $<k> \gg 1$ в аномальной области сетевой структуры материала.

11. При подведении итогов заседания заместитель председателя Совета, академик РАН А.А. Горбацевич отметил высокий научно-технический уровень доложенных результатов, отметил необходимость усиления и расширения фундаментальных исследований и поиска новых подходов, которые могли бы в области квантовых технологий сыграть роль, аналогичную изобретению транзистора в электронике, а также призвал к укреплению сотрудничества между организациями и предприятиями в области совершенствования квантовых материалов

РЕШИЛИ:

1. Принять к сведению полученную в ходе заседания информацию.
2. Рекомендовать докладчикам предоставить презентации к докладам для размещения на сайте Совета.
3. Совету запланировать заседания по темам «Квантовые материалы – 2», «Квантовые фотонные интегральные схемы».

Ученый секретарь Совета,
к.т.н. Тельминов О.А.