

Cơ quan tài trợ kinh phí
QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

Đơn vị thực hiện đề tài
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**HỒ SƠ ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU CƠ BẢN
TRONG KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ KỸ THUẬT
NĂM 2025**

**Tên đề tài: Tính chất động học và đặc trưng tô pô của trạng
thái ngưng tụ exciton trong hệ phi cân bằng dừng**

Mã số: 103.01-2025.50

Số hợp đồng: 32/2025/HĐ-NCCB/103

Chủ nhiệm đề tài: TS Đỗ Thị Hồng Hải

Hồ sơ gồm:

- Quyết định tài trợ
- Hợp đồng nghiên cứu khoa học
- Thuyết minh đề tài

Tháng 11 năm 2025

Số: 47 /QĐ-HĐQL-NAFOSTED

Hà Nội, ngày 30 tháng 9 năm 2025

QUYẾT ĐỊNH

Phê duyệt Danh mục đề tài nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực khoa học tự nhiên và kỹ thuật được Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia tài trợ thực hiện từ năm 2025 (tiếp nhận hồ sơ đợt 1 năm 2025)

HỘI ĐỒNG QUẢN LÝ QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

Căn cứ Nghị định số 23/2014/NĐ-CP ngày 03 tháng 4 năm 2014 của Chính phủ về Điều lệ tổ chức và hoạt động của Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia được sửa đổi, bổ sung một số điều theo Nghị định số 19/2021/NĐ-CP ngày 15 tháng 3 năm 2021 của Chính phủ;

Thông tư số 37/2014/TT-BKHCN ngày 12 tháng 12 năm 2014 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ quy định quản lý đề tài nghiên cứu cơ bản do Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia tài trợ được sửa đổi, bổ sung một số điều bởi Thông tư số 10/2024/TT-BKHCN ngày 30 tháng 12 năm 2024 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ;

Theo đề nghị của Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Phê duyệt Danh mục 230 đề tài nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực khoa học tự nhiên và kỹ thuật được Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia tài trợ thực hiện từ năm 2025 (tiếp nhận hồ sơ đợt 1 năm 2025). Danh mục chi tiết kèm theo Quyết định này.

Điều 2. Giao Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia ký hợp đồng nghiên cứu khoa học với tổ chức chủ trì đề tài và chủ nhiệm đề tài được tài trợ theo các quy định hiện hành.

Điều 3. Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia, các đơn vị giao chủ trì đề tài và thủ trưởng các đơn vị, cá nhân liên quan chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này. /s/

Nơi nhận:

- Như Điều 3;
- Bộ trưởng (để b/c);
- Thứ trưởng thường trực Vũ Hải Quân;
- Thứ trưởng Bùi Thế Duy;
- Lưu: VT, NCCB.

TM. HỘI ĐỒNG QUẢN LÝ QUỸ
CHỦ TỊCH



Bùi Thế Duy

TRÍCH LỤC DANH MỤC ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU CƠ BẢN TRONG LĨNH VỰC KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ KỸ THUẬT ĐƯỢC
QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA TÀI TRỢ THỰC HIỆN TỪ NĂM 2025
(TIẾP NHẬN HỒ SƠ ĐỢT 1 NĂM 2025)

(Kèm theo Quyết định số 47/QĐ-HĐQL-NAFOSTED ngày 30 tháng 9 năm 2025 của
Chủ tịch Hội đồng quản lý Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia)

Tổng số: 01 đề tài

STT	Mã số	Tên đề tài	Chủ nhiệm đề tài	Tổ chức chủ trì	Thời gian thực hiện (tháng)	Tổng kinh phí (triệu đồng)	Kinh phí được giao khoán (triệu đồng)	Phương thức khoán
1	103.01-2025.50	Tính chất động học và đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ phi cân bằng dừng	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	Trường Đại học Mở - Địa chất	36	1336	1336	Khoán chi từng phần

Ngày 27 tháng 11 năm 2025

**HỢP ĐỒNG TÀI TRỢ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

(Loại hình đề tài: Nghiên cứu cơ bản - Thăm dò khám phá)

Số: 32/2025/HĐ-NCCB/103

Thông tư số 37/2014/TT-BKHHCN ngày 12 tháng 12 năm 2014 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ quy định quản lý đề tài nghiên cứu cơ bản do Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia tài trợ được sửa đổi, bổ sung một số điều bởi Thông tư số 10/2024/TT-BKHHCN ngày 30 tháng 12 năm 2024 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ;

Căn cứ Quyết định số 47/QĐ-HĐQL-NAFOSTED ngày 30 tháng 9 năm 2025 của Hội đồng quản lý Quỹ về việc phê duyệt Danh mục đề tài nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực khoa học tự nhiên và kỹ thuật được Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia tài trợ thực hiện từ năm 2025 (tiếp nhận hồ sơ đợt 1 năm 2025).

CHÚNG TÔI GỒM:

1. Bên tài trợ (Bên A): QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

- Đại diện là Ông: Nguyễn Phú Bình

- Chức vụ: Phó Giám đốc (Theo Quyết định số 258/QĐ-NAFOSTED ngày 04 tháng 8 năm 2025 về Phân công công tác giữa Giám đốc và các Phó Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia)

- Địa chỉ: Số 113 Trần Duy Hưng, Phường Yên Hòa, Thành phố Hà Nội

- Điện thoại: 02439367750

- Email: nafosted@mst.gov.vn

- Số tài khoản: 3761.0.1027485.91027 tại Kho bạc Nhà nước khu vực I.

- Mã số sử dụng ngân sách: 1027485

2. Bên nhận tài trợ (Bên B): TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

- Đại diện là: GS. TS Trần Thanh Hải

- Chức vụ: Hiệu trưởng

- Địa chỉ: số 18 Phố Viên, Đông Ngạc, Hà Nội

- Điện thoại: 02438389633

- Tên giao dịch tại Kho bạc: Trường Đại học Mỏ - Địa chất

- Số tài khoản: 3713.0.1055493.00000 Tại: Phòng Giao dịch số 10 - KBNN Khu vực I (Mã KBNN: 0011)

- Mã số sử dụng ngân sách: 1055493

Hai bên cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Hợp đồng tài trợ nghiên cứu khoa học (sau đây gọi tắt là Hợp đồng) với các điều khoản sau:

Điều 1. Tài trợ thực hiện

Bên A tài trợ kinh phí để Bên B thực hiện đề tài **“Tính chất động học và đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ phi cân bằng dừng”** Mã số **“103.01-2025.50”**, theo các nội dung trong Thuyết minh đề tài (sau đây gọi tắt là Thuyết minh) kèm theo.

Thuyết minh và các Phụ lục kèm theo (nếu có) là bộ phận không tách rời của Hợp đồng.

Điều 2. Thời gian thực hiện đề tài

Thời gian thực hiện đề tài: **36** tháng, từ ngày 01 tháng 12 năm 2025 đến ngày 30 tháng 11 năm 2028.

Điều 3. Kinh phí thực hiện đề tài

1. Tổng kinh phí Bên A tài trợ để Bên B thực hiện đề tài (Giá trị hợp đồng) là: 1.336.000.000 đồng (*Bằng chữ: Một tỷ, ba trăm ba mươi sáu triệu đồng chẵn*), trong đó:

+ Kinh phí được giao khoán: 1.336.000.000 đồng (*Bằng chữ: Một tỷ, ba trăm ba mươi sáu triệu đồng chẵn*).

+ Kinh phí không được giao khoán: 0 đồng (*Bằng chữ: Không đồng*).

2. Phương thức khoán chi: Khoán chi từng phần.

3. Kinh phí Bên A cấp cho Bên B theo tiến độ thực hiện đề tài như sau:

a) Cấp kinh phí đợt 1: Bên A cấp cho Bên B 50% giá trị hợp đồng, tương đương 668.000.000 đồng (*Bằng chữ: Sáu trăm sáu mươi tám triệu đồng chẵn*) để Bên B thực hiện nội dung hợp đồng năm thứ nhất (tương ứng 12 tháng đầu) sau khi Hợp đồng được ký kết.

b) Cấp kinh phí đợt 2: Trên cơ sở báo cáo định kỳ của Bên B, sau khi Hội đồng đánh giá xác nhận khối lượng công việc và kinh phí đã thực hiện theo hợp đồng trong kỳ báo cáo (kinh phí đã sử dụng tối thiểu 50% mức kinh phí đã cấp đợt 1), Bên A xem xét để quyết định cấp tiếp 30% giá trị hợp đồng, tương đương 400.800.000 đồng (*Bằng chữ: Bốn trăm triệu, tám trăm ngàn đồng chẵn*) để Bên B thực hiện nội dung hợp đồng năm thứ hai (tương ứng 12 tháng tiếp theo).

c) Cấp kinh phí đợt 3: Trên cơ sở báo cáo định kỳ của Bên B, sau khi Hội đồng đánh giá xác nhận khối lượng công việc và kinh phí đã thực hiện theo hợp

đồng trong kỳ báo cáo (kinh phí đã sử dụng tối thiểu 50% mức kinh phí đã cấp chưa sử dụng), Bên A xem xét để quyết định cấp tiếp 20% giá trị hợp đồng, tương đương 267.200.000 đồng (Bằng chữ: Hai trăm sáu mươi bảy triệu, hai trăm ngàn đồng chẵn) để Bên B thực hiện nội dung hợp đồng năm thứ ba (tương ứng 12 tháng tiếp theo).

Điều 4. Quyền và nghĩa vụ của các bên

1. Quyền và nghĩa vụ của Bên A

- a) Cung cấp các thông tin cần thiết cho việc triển khai, thực hiện Đề tài;
- b) Cấp kinh phí cho Bên B để thực hiện Đề tài theo tiến độ Hợp đồng khi Bên B đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của Bên A để được cấp kinh phí;
- c) Trên cơ sở báo cáo tình hình thực hiện Đề tài của Bên B, Bên A căn cứ vào sản phẩm, khối lượng công việc đã hoàn thành, kinh phí đã thực chi để cấp tiếp kinh phí thực hiện Hợp đồng. Bên A có quyền thay đổi tiến độ cấp, kinh phí cấp hoặc ngừng cấp kinh phí nếu Bên B không hoàn thành công việc đúng tiến độ, đúng nội dung công việc;
- d) Tổ chức đánh giá định kỳ về tiến độ, kết quả thực hiện Đề tài (nội dung khoa học và kinh phí); kiểm tra định kỳ hoặc đột xuất để đánh giá tình hình Bên B thực hiện Đề tài;
- đ) Kịp thời xem xét, giải quyết theo thẩm quyền hoặc trình cấp có thẩm quyền giải quyết kiến nghị, đề xuất của Bên B về điều chỉnh nội dung chuyên môn, kinh phí và các vấn đề phát sinh khác trong quá trình thực hiện Đề tài;
- e) Tổ chức đánh giá, nghiệm thu kết quả thực hiện Đề tài của Bên B theo các yêu cầu, chỉ tiêu trong Thuyết minh;
- g) Có trách nhiệm cùng Bên B tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định hiện hành;
- h) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định của Luật Khoa học và công nghệ và các văn bản liên quan.

2. Quyền và nghĩa vụ của Bên B

- a) Triển khai đầy đủ các nội dung nghiên cứu của đề tài đáp ứng các yêu cầu chất lượng, tiến độ và kết quả;
- b) Điều chỉnh các nội dung liên quan đến thực hiện đề tài khi cần thiết theo thẩm quyền được quy định, kiến nghị đề xuất các nội dung điều chỉnh thuộc thẩm quyền của Bên A khi cần thiết. Trường hợp đề tài không có khả năng hoàn thành đúng thời hạn theo Hợp đồng, Bên B có trách nhiệm báo cáo Bên A bằng văn bản, giải trình rõ lý do và kiến nghị về phương án điều chỉnh thời gian thực hiện đề tài theo quy định;
- c) Tiếp nhận, quản lý, sử dụng, thanh toán, quyết toán kinh phí được Bên A tài trợ đúng mục đích, đúng chế độ hiện hành và có hiệu quả. Quản lý hồ sơ

chứng từ theo đúng quy định;

d) Xây dựng và phê duyệt kế hoạch lựa chọn nhà thầu, thực hiện triển khai lựa chọn nhà thầu đối với phần kinh phí do Bên A cấp phục vụ hoạt động nghiên cứu của đề tài (nếu có) theo quy định;

đ) Chấp hành các quy định pháp luật trong quá trình thực hiện Hợp đồng. Tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp đầy đủ thông tin cho các cơ quan quản lý trong việc giám sát, kiểm tra, kiểm soát, kiểm toán, thanh tra đối với đề tài theo quy định của pháp luật;

e) Gửi Báo cáo định kỳ (12 tháng một lần kể từ ngày Hợp đồng có hiệu lực) cho Bên A và báo cáo đột xuất về tình hình thực hiện Đề tài khi có yêu cầu của Bên A.

Trong thời gian 30 ngày kể từ thời điểm kết thúc thời hạn thực hiện Đề tài Bên B có trách nhiệm xây dựng và gửi báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện Đề tài cho Bên A.

g) Đảm bảo liên chính học thuật và đạo đức nghiên cứu đối với nội dung nghiên cứu của Đề tài;

h) Thực hiện việc đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ theo quy định của pháp luật về sở hữu trí tuệ;

i) Tổ chức quản lý, khai thác kết quả của Đề tài và được hưởng các quyền lợi từ các hoạt động này theo quy định;

k) Có trách nhiệm chuyển giao kết quả nghiên cứu theo quy định;

l) Báo cáo cho Bên A các kết quả nghiên cứu. Ghi nhận sự tài trợ của Bên A trong các kết quả nghiên cứu của Đề tài được công bố, đăng tải cũng như trong các hoạt động khác liên quan đến Đề tài (trong đó ghi rõ mã số Đề tài và tên viết tắt tiếng Anh của Quỹ).

m) Có trách nhiệm cùng Bên A tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định;

n) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định Luật khoa học và công nghệ và các văn bản liên quan.

Điều 5. Kết thúc Hợp đồng

1. Hợp đồng này kết thúc trong các trường hợp sau:

a) Đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu, công nhận kết quả, quyết toán kinh phí, hoàn thành các nghĩa vụ nộp ngân sách Nhà nước theo quy định (nếu có);

b) Đề tài đã hoàn thành thủ tục chấm dứt hợp đồng, quyết toán kinh phí, hoàn thành các nghĩa vụ nộp ngân sách Nhà nước theo quy định (nếu có) khi thuộc một trong các trường hợp sau:

- Có căn cứ để khẳng định việc thực hiện hoặc tiếp tục thực hiện Đề tài là không cần thiết và hai bên đồng ý chấm dứt hợp đồng trước thời hạn;
- Bên B bị đình chỉ thực hiện Đề tài theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền;
- Bên B không nộp báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện đề tài hoặc nộp muộn quá 02 tháng so với thời hạn được quy định;
- Đề tài không thể tiếp tục thực hiện do Bên A không cấp đủ kinh phí theo tiến độ thực hiện đề tài mà không có lý do chính đáng, hoặc không giải quyết những kiến nghị, đề xuất của Bên B theo quy định của pháp luật.

2. Việc xử lý tài chính khi kết thúc hợp đồng được thực hiện theo quy định hiện hành, Bên B hoàn trả kinh phí (nếu có) theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền.

Điều 6. Điều khoản khác

1. Trường hợp do điều kiện khách quan Bên A chưa nhận được nguồn kinh phí từ Ngân sách nhà nước, tiến độ cấp kinh phí thực hiện đề tài của Bên A cho Bên B không đáp ứng được theo quy định tại Khoản 3, Điều 3 của Hợp đồng này thì Bên A sẽ có trách nhiệm thông báo trên trang thông tin điện tử của Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia. Hai bên sẽ thống nhất điều chỉnh lại tiến độ thực hiện Đề tài (nếu Bên B có nhu cầu);

2. Chủ nhiệm đề tài và nhóm nghiên cứu có trách nhiệm ghi nhận tài trợ của Quỹ, ghi rõ mã số Đề tài trong các sản phẩm công bố là kết quả của Đề tài. Trường hợp trong một sản phẩm công bố có ghi nhận tài trợ từ nhiều nguồn khác nhau cần có giải trình chi tiết và cung cấp đầy đủ minh chứng liên quan phục vụ đánh giá nghiệm thu Đề tài.

Điều 7. Điều khoản chung

1. Trong quá trình thực hiện Hợp đồng, nếu một trong hai bên có yêu cầu sửa đổi, bổ sung nội dung hoặc có căn cứ để chấm dứt thực hiện Hợp đồng thì phải thông báo cho bên kia trong thời hạn theo quy định. Các văn bản sửa đổi, bổ sung (nếu có) là bộ phận của Hợp đồng và là căn cứ để đánh giá kết quả thực hiện của đề tài.

2. Hai bên cam kết thực hiện đúng các quy định của Hợp đồng và có trách nhiệm hợp tác giải quyết các vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện. Bên vi phạm các cam kết trong Hợp đồng phải chịu trách nhiệm theo quy định pháp luật.

3. Mọi tranh chấp phát sinh trong quá trình thực hiện Hợp đồng do các bên thương lượng hoà giải để giải quyết. Trường hợp không hoà giải được thì một trong hai bên có quyền đưa tranh chấp ra Trọng tài để giải quyết (hoặc khởi kiện tại Tòa án có thẩm quyền theo quy định của pháp luật về tố tụng dân sự).

Điều 8. Hiệu lực của Hợp đồng

Hợp đồng này gồm 06 trang và có hiệu lực từ ngày 01 tháng 12 năm 2025.

ĐẠI DIỆN BÊN A
QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ
CÔNG NGHỆ QUỐC GIA
KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC



Nguyễn Phú Bình

ĐẠI DIỆN BÊN B
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
HIỆU TRƯỞNG



Trần Thanh Hải

Số: 258 /QĐ-NAFOSTED

Hà Nội, ngày 04 tháng 8 năm 2025

QUYẾT ĐỊNH

**Phân công công tác giữa Giám đốc và các Phó Giám đốc
Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia**

GIÁM ĐỐC CƠ QUAN ĐIỀU HÀNH QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

Căn cứ Nghị định số 23/2014/NĐ-CP ngày 03 tháng 04 năm 2014 của Chính phủ về Điều lệ tổ chức và hoạt động của Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia được sửa đổi, bổ sung theo Nghị định số 19/2021/NĐ-CP ngày 15 tháng 3 năm 2021 của Chính phủ;

Căn cứ Quyết định số 489/QĐ-BKHCN ngày 08 tháng 4 năm 2025 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ về việc điều chuyển nguyên trạng nhiệm vụ, nhân lực, tài chính, tài sản và các nội dung liên quan từ Văn phòng các Chương trình trọng điểm cấp nhà nước và Văn phòng các Chương trình khoa học và công nghệ quốc gia về Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia trực thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ;

Căn cứ Quyết định số 913/QĐ-BKHCN ngày 19 tháng 5 năm 2025 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ về việc kiện toàn các đơn vị chuyên môn, nghiệp vụ trực thuộc Cơ quan điều hành Quỹ phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia;

Căn cứ Biên bản họp phân công công tác của Ban Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia ngày 01 tháng 7 năm 2025;

Theo đề nghị của Chánh Văn phòng.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Nguyên tắc phân công nhiệm vụ và điều phối quan hệ công tác giữa Giám đốc và các Phó Giám đốc

1. Giám đốc chịu trách nhiệm lãnh đạo và quản lý toàn diện các hoạt động của Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (sau đây viết tắt là Quỹ) theo chức năng, nhiệm vụ và quyền hạn được pháp luật quy định. Giám đốc trực tiếp chỉ đạo các công việc trọng tâm, cấp bách, nhạy cảm; đồng thời xử lý các vấn đề mới phát sinh chưa được quy định hoặc chưa được phân công cụ thể.

2. Giám đốc chịu trách nhiệm trước Chủ tịch Hội đồng quản lý (HĐQL) Quỹ và Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ (KH&CN) về toàn bộ hoạt động của Quỹ, theo đúng quy định của pháp luật và các văn bản chỉ đạo có liên quan.

3. Phó Giám đốc có trách nhiệm hỗ trợ Giám đốc trong việc chỉ đạo và xử lý công việc thường xuyên thuộc các lĩnh vực, nhiệm vụ, đơn vị và địa phương được phân công. Trong phạm vi nhiệm vụ được giao, Phó Giám đốc được sử dụng quyền hạn của Giám đốc để chủ động tổ chức thực hiện và chịu trách nhiệm trước Giám đốc và trước pháp luật về kết quả thực hiện.

4. Trong quá trình chỉ đạo và xử lý công việc, các Phó Giám đốc có trách nhiệm chủ động phối hợp, trao đổi để thống nhất trong việc giải quyết các nhiệm vụ liên quan. Trường hợp phát sinh ý kiến khác nhau, các Phó Giám đốc báo cáo Giám đốc để xem xét, quyết định theo thẩm quyền.

5. Trường hợp Giám đốc vắng mặt, Giám đốc ủy quyền cho một Phó Giám đốc điều hành hoạt động của Quỹ theo phạm vi và thời gian được xác định trong văn bản ủy quyền. Phó Giám đốc được ủy quyền chịu trách nhiệm tổ chức thực hiện công việc theo thẩm quyền được giao và báo cáo Giám đốc sau khi kết thúc thời gian ủy quyền.

6. Trong trường hợp Phó Giám đốc vắng mặt hoặc vì yêu cầu công tác, Giám đốc có thể trực tiếp chỉ đạo hoặc ủy quyền cho một Phó Giám đốc khác thực hiện việc xử lý, chỉ đạo các công việc đã được phân công nhằm bảo đảm tiến độ và hiệu quả chung của hoạt động Quỹ.

Điều 2. Trách nhiệm và quyền hạn của các thành viên Ban Giám đốc

1. Phó Giám đốc chịu trách nhiệm chỉ đạo, tổ chức triển khai thực hiện chương trình, kế hoạch công tác của Quỹ theo lĩnh vực, nhiệm vụ, địa bàn được Giám đốc phân công.

2. Chủ động đề xuất với Giám đốc các chủ trương, chính sách, cơ chế quản lý và các văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến lĩnh vực, nhiệm vụ được giao phụ trách.

3. Thực hiện kiểm tra, đôn đốc việc triển khai các quyết định, chỉ đạo của Bộ trưởng Bộ KH&CN, của HĐQT Quỹ và của Giám đốc; tổ chức thực hiện các chủ trương, chính sách, văn bản quy phạm pháp luật trong phạm vi lĩnh vực, nhiệm vụ phụ trách; kịp thời phát hiện và đề xuất sửa đổi, bổ sung các quy định không còn phù hợp.

4. Theo dõi, xử lý công việc thường xuyên và chủ động phối hợp với các đơn vị chuyên môn, nghiệp vụ và các địa phương để bảo đảm hiệu quả thực hiện nhiệm vụ trong phạm vi được phân công.

5. Thực hiện chế độ báo cáo định kỳ hằng quý hoặc đột xuất theo yêu cầu của Giám đốc về tình hình triển khai công việc thuộc lĩnh vực, đơn vị, địa phương phụ trách; đồng thời nhận xét, đánh giá và đề xuất các giải pháp xử lý vướng mắc, bất cập.

6. Chịu trách nhiệm quản lý, tổ chức thực hiện, ký kết hợp đồng, phê duyệt cấp kinh phí, thanh toán, quyết toán, xử lý tài sản, công nợ và thanh lý hợp đồng đối với các nhiệm vụ KH&CN do mình phụ trách theo quy định hiện hành.

7. Thực hiện các nhiệm vụ khác theo quy định của pháp luật và theo phân công của Giám đốc, các quyết định, hướng dẫn của Bộ trưởng Bộ KH&CN, HĐQT Quỹ liên quan đến chức năng, nhiệm vụ của Quỹ.

Điều 3. Phân công công việc cụ thể giữa Giám đốc và các Phó Giám đốc

1. Giám đốc Đào Ngọc Chiến

a) Vai trò và trách nhiệm chung:

- Lãnh đạo, quản lý toàn diện mọi hoạt động của Quỹ gia theo chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn được quy định tại các văn bản pháp luật có liên quan và Quy chế làm việc của Bộ KH&CN;

- Chịu trách nhiệm đối với các công việc thuộc thẩm quyền của Giám đốc hoặc theo sự phân công, ủy quyền của HĐQT Quỹ và Lãnh đạo Bộ KH&CN.

b) Trực tiếp chỉ đạo và tổ chức thực hiện các lĩnh vực, nhiệm vụ sau:

- Xây dựng và triển khai chiến lược, quy hoạch phát triển của Quỹ;
- Công tác pháp chế, hành chính, chuyển đổi số, tổ chức - cán bộ, kế hoạch - tổng hợp, truyền thông, thi đua - khen thưởng và kiểm soát nội bộ; hợp tác và hội nhập quốc tế;

- Xây dựng các báo cáo định kỳ, sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất liên quan đến tình hình triển khai và kết quả các chương trình, nhiệm vụ KH&CN; báo cáo quản lý nhà nước về KH&CN, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số;

- Các chương trình KH&CN cấp quốc gia (*chi tiết tại Phụ lục 1*);

- Các nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia có đề xuất đặt hàng từ các địa phương theo địa bàn được phân công (*chi tiết tại Phụ lục 2*);

- Các nhiệm vụ hợp tác quốc tế theo Nghị định thư, chương trình song phương, đa phương tại các địa bàn: Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc, Đài Loan, Vương quốc Bỉ, Thụy Sĩ;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản trong các lĩnh vực: Toán học; Khoa học thông tin và Máy tính;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng trong các lĩnh vực: Công nghệ thông tin và truyền thông; Vật liệu và vi mạch tích hợp (IC);

- Các nhiệm vụ phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và các nhiệm vụ đột xuất, phát sinh khác theo yêu cầu của cơ quan quản lý cấp trên;

- Chịu trách nhiệm duy trì, vận hành và chỉ đạo nội dung của Cổng thông tin điện tử của Quỹ;

- Làm Chủ tịch Hội đồng khoa học cấp cơ sở của Quỹ.

c) Phụ trách trực tiếp các đơn vị:

- Văn phòng Quỹ;

- Phòng Kiểm soát nội bộ;

- Phòng Quản lý nhiệm vụ Hợp tác quốc tế.

d) Thẩm quyền tài chính:

- Là Chủ tài khoản thứ nhất của Quỹ;

- Ký duyệt cấp kinh phí, thanh toán và quyết toán tại Kho bạc Nhà nước đối với các nhiệm vụ KH&CN thuộc chương trình KH&CN cấp quốc gia và các nhiệm vụ khác do mình trực tiếp quản lý.

2. Phó Giám đốc Nguyễn Phú Bình

a) Trách nhiệm chỉ đạo và tổ chức thực hiện các công tác:

- Quy hoạch, đào tạo, bồi dưỡng và phát triển nguồn nhân lực phục vụ hoạt động của Quỹ;

- Xây dựng các báo cáo định kỳ, sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất về tình hình triển khai hoạt động của Quỹ trong phạm vi lĩnh vực được phân công;

- Các hoạt động nâng cao năng lực KH&CN quốc gia;

- Các chương trình KH&CN cấp quốc gia theo phân công của Giám đốc (*chi tiết tại Phụ lục 1*);

- Các nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia có đề xuất đặt hàng từ các tỉnh, thành phố theo địa bàn được giao phụ trách (*chi tiết tại Phụ lục 2*);

- Các nhiệm vụ hợp tác quốc tế theo Nghị định thư, chương trình song phương, đa phương tại các địa bàn: Vương quốc Anh, Cộng hòa Liên bang Đức, Cộng hòa Áo, Ý, Canada và Hoa Kỳ;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản trong các lĩnh vực: Vật lý; Hóa học; Triết học; Chính trị học; Xã hội học; Luật học;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng trong các lĩnh vực: Toán học và Vật lý ứng dụng; Công nghệ hóa học và sinh học; Triết học, chính trị học, quan hệ quốc tế và luật học;

- Đề án Lịch sử Việt Nam và các nhiệm vụ có liên quan;

- Các nhiệm vụ phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và các nhiệm vụ đột xuất, phát sinh khác theo sự phân công của Giám đốc.

b) Phụ trách trực tiếp các đơn vị:

- Phòng Quản lý Khoa học xã hội và nhân văn.

- Phòng Quản lý nghiên cứu cơ bản.

c) Thẩm quyền tài chính:

- Là Chủ tài khoản thứ hai của Quỹ;

- Ký duyệt thanh toán các hoạt động của các Ban Chủ nhiệm chương trình KH&CN cấp quốc gia; thanh toán các hoạt động của Hội đồng quản lý, Ban kiểm soát và các Hội đồng khoa học của Quỹ; cấp kinh phí, thanh toán và quyết toán

tại Kho bạc Nhà nước đối với các nhiệm vụ KH&CN thuộc các chương trình KH&CN cấp quốc gia và các nhiệm vụ KH&CN khác do mình và Phó Giám đốc Ngô Sỹ Quốc chỉ đạo, quản lý.

3. Phó Giám đốc Lê Tài Dũng

a) Trách nhiệm chỉ đạo và tổ chức thực hiện các công tác:

- Xây dựng kế hoạch hoạt động của Quỹ và kế hoạch hoạt động của các Ban Chủ nhiệm Chương trình KH&CN cấp quốc gia;

- Công tác kế hoạch, tài chính và quản trị chung của Quỹ; quản lý các nhiệm vụ KH&CN nội bộ của Cơ quan điều hành Quỹ;

- Lập kế hoạch và tổ chức thực hiện mua sắm, thanh lý trang thiết bị, tài sản của Quỹ và của các Ban Chủ nhiệm chương trình KH&CN cấp quốc gia;

- Xây dựng các báo cáo định kỳ, sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất về tình hình triển khai hoạt động của Quỹ trong phạm vi lĩnh vực được phân công;

- Các chương trình KH&CN cấp quốc gia theo phân công của Giám đốc (*chi tiết tại Phụ lục 1*);

- Các nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia có đề xuất đặt hàng từ các tỉnh, thành phố theo địa bàn được giao phụ trách (*chi tiết tại Phụ lục 2*);

- Các nhiệm vụ hợp tác quốc tế theo Nghị định thư, chương trình song phương, đa phương tại các địa bàn: Úc, e-ASIA, SEA-EU;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực: Khoa học sự sống; Kinh tế học; Tâm lý học – Giáo dục học;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng trong các lĩnh vực: Khoa học y – dược; Kinh tế học; Tâm lý học, giáo dục học, xã hội học và truyền thông;

- Các nhiệm vụ phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và các nhiệm vụ đột xuất, phát sinh khác theo sự phân công của Giám đốc.

b) Phụ trách trực tiếp Phòng Tài chính - Kế toán.

c) Thẩm quyền tài chính:

- Là Chủ tài khoản thứ ba của Quỹ;

- Ký duyệt thanh toán các hoạt động thường xuyên của Cơ quan điều hành Quỹ; cấp kinh phí, thanh toán và quyết toán tại Kho bạc Nhà nước đối với các nhiệm vụ KH&CN thuộc các chương trình KH&CN cấp quốc gia và các nhiệm vụ KH&CN khác do mình, Phó Giám đốc Lê Đình Hanh và Phó Giám đốc Đỗ Phương Lan chỉ đạo, quản lý.

4. Phó Giám đốc Lê Đình Hanh

a) Trách nhiệm chỉ đạo và tổ chức thực hiện các công tác:

- Theo dõi, tổng hợp và phân tích các chỉ số đổi mới sáng tạo toàn cầu (GII); đánh giá tác động của hoạt động khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo đến phát triển kinh tế – xã hội;

- Xây dựng, quản lý và khai thác cơ sở dữ liệu chuyên gia và hệ thống nhiệm vụ KH&CN do Quỹ quản lý;

- Phòng, chống tham nhũng; thực hành tiết kiệm, chống lãng phí;

- Làm Chủ tịch Hội đồng sáng kiến của Quỹ;

- Xây dựng các báo cáo định kỳ hằng năm, báo cáo sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất về tình hình triển khai hoạt động của Quỹ trong phạm vi lĩnh vực được phân công;

- Các chương trình KH&CN cấp quốc gia theo phân công của Giám đốc (*chi tiết tại Phụ lục 1*);

- Các nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia có đề xuất đặt hàng từ các tỉnh, thành phố theo địa bàn được giao phụ trách (*chi tiết tại Phụ lục 2*);

- Các nhiệm vụ hợp tác quốc tế theo Nghị định thư, chương trình song phương, đa phương tại các địa bàn: Belarus, Cộng hòa Séc, Hungary, Liên bang Nga;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản trong các lĩnh vực: Cơ học; Khoa học Trái đất; Khoa học Biển; Văn học; Ngôn ngữ học; Sử học; Khảo cổ học; Văn hóa học; Nghiên cứu nghệ thuật; Thông tin đại chúng và truyền thông;

- Các nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng trong các lĩnh vực: Cơ khí, tự động hóa, robot; Khoa học Trái đất, môi trường và khoa học biển; Sử học, dân tộc học, văn hóa, văn học và nghệ thuật;

- Các nhiệm vụ phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và các nhiệm vụ đột xuất, phát sinh khác theo sự phân công của Giám đốc.

b) b) Phụ trách trực tiếp các đơn vị:

- Phòng Quản lý nhiệm vụ chuyển tiếp;

- Phòng Quản lý Nghiên cứu ứng dụng.

5. Phó Giám đốc Ngô Sỹ Quốc

a) Trách nhiệm chỉ đạo và tổ chức thực hiện các công tác:

- Xử lý tài sản hình thành thông qua việc triển khai các nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp quốc gia sử dụng vốn nhà nước; theo dõi và xử lý công nợ; triển khai và giám sát thực hiện cơ chế tự chủ của Quỹ;

- Xây dựng các báo cáo định kỳ hằng năm, báo cáo sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất về tình hình triển khai hoạt động của Quỹ trong phạm vi lĩnh vực được phân công;

- Các chương trình KH&CN cấp quốc gia theo phân công của Giám đốc (*chi tiết tại Phụ lục 1*);

- Các nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia có đề xuất đặt hàng từ các tỉnh, thành phố theo địa bàn được giao phụ trách (*chi tiết tại Phụ lục 2*);
- Các nhiệm vụ hợp tác quốc tế theo Nghị định thư, chương trình song phương, đa phương tại các địa bàn: Israel, Lào, Cuba, Mông Cổ;
- Các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản trong các lĩnh vực: Vật liệu; Năng lượng;
- Các nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng trong lĩnh vực: Khoa học nông nghiệp;
- Các nhiệm vụ phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và các nhiệm vụ đột xuất, phát sinh khác theo sự phân công của Giám đốc.

b) Phụ trách trực tiếp Phòng Quản lý phát triển công nghệ.

6. Phó Giám đốc Đỗ Phương Lan

a) Trách nhiệm chỉ đạo và tổ chức thực hiện các công tác:

- Quản lý và tổ chức triển khai Giải thưởng Tạ Quang Bửu;
- Xây dựng các báo cáo định kỳ hằng năm, báo cáo sơ kết, tổng kết và báo cáo đột xuất về tình hình triển khai hoạt động của Quỹ trong phạm vi lĩnh vực được phân công;
- Tham mưu, triển khai các hoạt động liên quan đến cho vay, bảo lãnh vốn vay phục vụ nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ theo cơ chế tài chính được quy định;
- Thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản, nghiên cứu ứng dụng, phát triển công nghệ, nhiệm vụ tiềm năng và đột xuất phát sinh khác theo sự phân công của Giám đốc.

b) Phụ trách trực tiếp Phòng Quản lý Nghiên cứu cơ bản (phối hợp phụ trách cùng Phó Giám đốc Nguyễn Phú Bình).

Điều 4. Hiệu lực thi hành

1. Quyết định này có hiệu lực kể từ ngày ký và thay thế Quyết định số 139/QĐ-NAFOSTED ngày 19 tháng 5 năm 2025 của Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia phân công công tác giữa Giám đốc và các Phó Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia.

2. Đối với các nhiệm vụ khoa học và công nghệ đã được phân công trước thời điểm hợp nhất theo Quyết định số 489/QĐ-BKHCN ngày 08 tháng 4 năm 2025 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ, thành viên Ban Giám đốc đang trực tiếp phụ trách tiếp tục chịu trách nhiệm chỉ đạo thực hiện các nhiệm vụ đó cho đến khi hoàn thành hoặc kết thúc theo quy định.

3. Bãi bỏ các quy định do Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ ban hành trước đây nếu có nội dung trái với các quy định tại Điều 1, Điều 2 và Điều 3 của Quyết định này.

Điều 5. Trách nhiệm thi hành

Giám đốc, các Phó Giám đốc, Thủ trưởng các đơn vị chuyên môn, nghiệp vụ và toàn thể viên chức, người lao động của Quỹ có trách nhiệm tổ chức triển khai và thực hiện nghiêm túc các nội dung quy định tại Quyết định này.

Trong quá trình thực hiện, nếu phát sinh khó khăn, vướng mắc, các đơn vị và cá nhân liên quan cần kịp thời báo cáo Giám đốc để xem xét, chỉ đạo giải quyết theo thẩm quyền./.

Nơi nhận:

- Như Điều 5;
- Bộ trưởng (để b/c);
- Các Thủ trưởng (để b/c);
- Các Vụ: CN, XNT, ĐTC, HTQT, KHTC; các Cục: KN, ĐMST, CNCNS, CDSQG; HVCL (để p/h);
- Văn phòng Bộ (để biết);
- Lưu: VT.



GIÁM ĐỐC

Đào Ngọc Chiến

Phụ lục 1

PHÂN CÔNG QUẢN LÝ CÁC CHƯƠNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA
(Kèm theo Quyết định số 258 /QĐ-NAFOSTED ngày 04 tháng 8 năm 2025 của
Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia)

TT	Tên chương trình (Mã số)	Lãnh đạo phụ trách
1	Nghiên cứu phát triển và ứng dụng công nghệ thông tin phục vụ phát triển Chính phủ số và đô thị thông minh (Mã số: KC.01/21-30).	GD. Đào Ngọc Chiến
2	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ vật liệu (Mã số: KC.02/21-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
3	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ cơ khí và tự động hóa (Mã số: KC.03/21-30).	PGĐ. Lê Đình Hanh
4	Hỗ trợ nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ của công nghiệp 4.0 (Mã số: KC-04/24-30).	GD. Đào Ngọc Chiến
5	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ năng lượng (Mã số: KC.05/21-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
6	Nghiên cứu, ứng dụng công nghệ phát triển ngành công nghiệp môi trường (Mã số: KC.06/21-30).	PGĐ. Nguyễn Phú Bình
7	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ chế biến, bảo quản nông, lâm, thủy sản và cơ giới hóa trong nông nghiệp (Mã số: KC.07/21-30).	PGĐ. Lê Đình Hanh
8	Nghiên cứu KH&CN phục vụ bảo vệ môi trường, phòng tránh thiên tai và ứng phó với biến đổi khí hậu (Mã số: KC.08/21-30).	PGĐ. Lê Đình Hanh
9	Nghiên cứu KH&CN phục vụ phát triển bền vững kinh tế biển (Mã số: KC.09/21-30).	PGĐ. Lê Đình Hanh

10	Nghiên cứu ứng dụng, phát triển công nghệ tiên tiến trong y tế và phát triển sản phẩm chăm sóc sức khỏe (Mã số: KC.10/21-30).	PGĐ. Lê Tài Dũng
11	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ tiên tiến phục vụ công nghiệp hóa được và được phẩm (Mã số: KC.11/21-30).	PGĐ. Lê Tài Dũng
12	Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ sinh học (Mã số: KC.12/21-30).	PGĐ. Nguyễn Phú Bình
13	Nghiên cứu phát triển và ứng dụng KH&CN vũ trụ (Mã số: KC.13/21-30).	GD. Đào Ngọc Chiến
14	Nghiên cứu KH&CN phục vụ bảo đảm an ninh nguồn nước và an toàn đập, hồ chứa nước (Mã số: KC.14/21-30).	PGĐ. Lê Tài Dũng
15	KH&CN ứng phó với biến đổi khí hậu phục vụ phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn đến năm 2030 (Mã số: KC.15/21-30).	PGĐ. Lê Tài Dũng
16	Nghiên cứu KH&CN phục vụ mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng 0 tại Việt Nam (Mã số: KC.16/24-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
17	Nghiên cứu ứng dụng toán học phục vụ phát triển kinh tế - xã hội (Mã số: KC.17/25-30).	GD. Đào Ngọc Chiến
18	Nghiên cứu đổi mới mô hình tăng trưởng kinh tế trong bối cảnh mới (Mã số: KX.01/21-30).	PGĐ. Lê Tài Dũng
19	Nghiên cứu, phát huy giá trị và nguồn lực nhân văn phục vụ phát triển đất nước (Mã số: KX.03/21-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
20	Xây dựng và hoàn thiện thể chế tạo động lực phát triển nhanh và bền vững đất nước trong điều kiện mới (Mã số: KX.05/21-30).	GD. Đào Ngọc Chiến

21	Nghiên cứu các vấn đề quốc tế và khu vực nhằm chủ động, tích cực hội nhập quốc tế (Mã số: KX.06/21-30).	PGĐ. Nguyễn Phú Bình
22	Nghiên cứu đổi mới quản lý khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo ở Việt Nam (Mã số: KX.07/21-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
23	Những vấn đề cơ bản và cấp bách về dân tộc thiểu số và chính sách dân tộc ở Việt Nam đến năm 2030 (giai đoạn II) (Mã số: KX.08/24-30).	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
24	Nghiên cứu phát triển khoa học giáo dục đến năm 2030 (Mã số: KX.09/24-30).	PGĐ. Nguyễn Phú Bình
25	Nghiên cứu sản xuất vắc-xin sử dụng cho người đến năm 2030	PGĐ. Lê Tài Dũng
26	Phát triển nghiên cứu, sản xuất giống phục vụ cơ cấu lại ngành nông nghiệp giai đoạn 2021 - 2030	GD. Đào Ngọc Chiến
27	Chương trình bảo tồn và sử dụng bền vững nguồn gen đến năm 2025, định hướng đến năm 2030	PGĐ. Lê Đình Hanh
28	Chương trình tìm kiếm và chuyển giao công nghệ nước ngoài đến năm 2030	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
29	Chương trình phát triển sản phẩm quốc gia đến năm 2030	PGĐ. Nguyễn Phú Bình
30	Chương trình quốc gia phát triển công nghệ cao đến năm 2030	GD. Đào Ngọc Chiến
31	Chương trình đổi mới công nghệ quốc gia đến năm 2030	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
32	Chương trình phát triển thị trường KH&CN quốc gia đến năm 2030	PGĐ. Nguyễn Phú Bình

33	Đề án hỗ trợ hệ sinh thái khởi nghiệp đổi mới sáng tạo quốc gia đến năm 2025	PGĐ. Lê Đình Hanh
34	KH&CN phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng Tây Bắc giai đoạn đến năm 2030	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc
35	Phát triển các ngành công nghiệp văn hóa Việt Nam đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2045.	PGĐ. Ngô Sỹ Quốc

Phụ lục 2**PHÂN CÔNG QUẢN LÝ
CÁC NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ ĐƯỢC ĐỀ XUẤT
ĐẶT HÀNG TỪ ĐỊA PHƯƠNG**

*(Kèm theo Quyết định số 258 /QĐ-NAFOSTED ngày 04 tháng 8 năm 2025
của Giám đốc Cơ quan điều hành Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia)*

1. Giám đốc Đào Ngọc Chiến

Hà Nội, Hải Phòng, Hưng Yên, Bắc Ninh, Ninh Bình, Quảng Ninh.

2. Phó Giám đốc Nguyễn Phú Bình

Thanh Hoá, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Trị, Huế, Đà Nẵng, Quảng Ngãi,
Khánh Hoà.

3. Phó Giám đốc Lê Tài Dũng

Cần Thơ, Tây Ninh, Vĩnh Long, An Giang, Đồng Tháp, Cà Mau.

4. Phó Giám đốc Lê Đình Hanh

Thành phố Hồ Chí Minh, Đồng Nai, Gia Lai, Đắk Lắk, Lâm Đồng.

5. Phó Giám đốc Ngô Sỹ Quốc

Cao Bằng, Lạng Sơn, Phú Thọ, Thái Nguyên, Tuyên Quang, Lào Cai, Lai
Châu, Sơn La, Điện Biên.

6. Phó Giám đốc Đỗ Phương Lan

Hà Nội (*phối hợp với Giám đốc*).



Mã số hồ sơ	103.01-2025.50
(Do Cơ quan điều hành Quỹ ghi)	

THUYẾT MINH ĐỀ TÀI

Tên đề tài: Tính chất động học và đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ phi cân bằng dừng

Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Mở - Địa chất

Chủ nhiệm đề tài: TS Đỗ Thị Hồng Hải

Thời gian thực hiện đề tài: 36 tháng.

1. Tóm tắt

Nghiên cứu đồng thời bản chất lượng tử và tính chất tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong bán kim loại/bán dẫn luôn là một hướng nghiên cứu hiện đại thu hút sự tập trung rất lớn của các nhà vật lý trong nước và quốc tế. Đặc biệt, trong điều kiện phi cân bằng dừng, hệ exciton được duy trì ở trạng thái ổn định thông qua các kích thích ngoài liên tục như bơm quang học. Điều đó cho phép khảo sát chi tiết cơ chế hình thành cũng như tính chất của các trạng thái lượng tử kết hợp của hệ exciton một cách dễ dàng trong điều kiện thực tế. Trong đề tài này, vai trò của tương tác spin-quỹ đạo, từ trường ngoài dẫn tới các cấu hình spin khác nhau của cặp điện tử - lỗ trống trong việc hình thành và cạnh tranh giữa các trạng thái ngưng tụ exciton mang đặc trưng tô pô, như trạng thái ngưng tụ Chern, trạng thái ngưng tụ phi đối xứng gương, hoặc các trạng thái ngưng tụ sóng $p+ip$ được đặc biệt quan tâm. Bằng việc sử dụng các phương pháp lý thuyết tiên tiến như gần đúng Hartree-Fock không giới hạn, lý thuyết chiếu-tái chuẩn hóa, gần đúng pha ngẫu nhiên và hàm Green phi cân bằng, đề tài sẽ khảo sát đồng thời bản chất lượng tử trạng thái ngưng tụ exciton và các đặc trưng tô pô như số Chern, trạng thái biên không khe năng lượng, cũng như các tính chất động học như độ dẫn quang, phổ phát xạ, phổ huỳnh quang và hàm cảm ứng động exciton. Ngoài ra, đề tài còn phân tích đặc trưng giao nhau BCS-BEC cũng như cấu trúc đối xứng phụ thuộc spin của các trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng. Kết quả nghiên cứu vì vậy sẽ làm rõ bản chất cạnh tranh giữa các trạng thái lượng tử kết hợp với trật tự tô pô trong điều kiện thực tế phi cân bằng, góp phần thúc đẩy phát triển nghiên cứu lý thuyết về trạng thái lượng tử kết hợp và mở đường cho các ứng dụng trong công nghệ lượng tử thế hệ mới.

Từ khóa: Trạng thái ngưng tụ exciton, phi cân bằng dừng, trật tự tô pô, tương tác spin-quỹ đạo, gần đúng Hartree-Fock không giới hạn, hàm Green phi cân bằng, giao nhau BCS-BEC.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu và sự cần thiết tiến hành nghiên cứu

2.1. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

a) Những nghiên cứu do các nhà khoa học trong và ngoài nước tiến hành theo hướng nghiên cứu của đề tài

Trong những năm gần đây, các nghiên cứu lý thuyết về tính chất vật lý của hệ exciton trong vật liệu bán kim loại và bán dẫn đã thu hút sự quan tâm rất lớn trên toàn

thế giới. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về hệ exciton đã được khởi xướng từ những năm 80 của thế kỷ trước tại Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) dưới sự dẫn dắt của PGS.TS Nguyễn Bá Ân [1]. Tại đây, các trạng thái exciton phi cân bằng dừng trong các tinh thể phân tử ba chiều bị kích thích bằng laser đã được khảo sát, trong đó các yếu tố phi cân bằng và phi tuyến quang học của hệ nhiều exciton dưới tác động của trường laser cổ điển ngoài đã được đồng thời xem xét. Các nghiên cứu về exciton tiếp tục nhận được sự quan tâm trong nhóm cho đến những năm đầu của thế kỷ XXI [2]. Gần đây, nhóm của GS.TS Lê Văn Hoàng (Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh) đã sử dụng phương pháp nhiễu loạn truyền thống kết hợp với phương pháp toán tử Feranchuk-Komarov để khảo sát năng lượng exciton trong các đơn lớp kim loại chuyển tiếp dichalcogenide, khi có và không có từ trường ngoài [3-5]. Mặc dù đơn giản nhưng kết quả thu được lại có độ chính xác cao, phù hợp với các quan sát thực nghiệm. Ngoài ra, tại Trường Đại học Văn Lang, TS. Nguyễn Trương Thanh Hiếu cũng đã nghiên cứu năng lượng liên kết của exciton Wannier-Mott hai chiều trong gần đúng khối lượng hiệu dụng, sử dụng thể tương tác Rytova-Keldysh dạng logarit. Các kết quả về năng lượng liên kết, độ dài chắn và khối lượng rút gọn của exciton thu được phù hợp tốt với dữ liệu thực nghiệm [6]. Ở điều kiện phi cân bằng, nhóm của GS.TS Nguyễn Thành Tiên (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Cần Thơ) đã sử dụng lý thuyết nhiễu loạn mật độ, hàm Green phi cân bằng và lý thuyết nhiễu loạn nhiều hạt để nghiên cứu thời gian sống bức xạ exciton và các tính chất truyền dẫn của lớp đơn GeS [7].

Tất cả các nghiên cứu kể trên chủ yếu tập trung vào sự tồn tại của exciton như một giả hạt trong chất rắn. Tuy nhiên, với bản chất là giả hạt boson, các exciton trong hệ có thể ngưng tụ ở cùng một trạng thái lượng tử duy nhất khi nhiệt độ đủ thấp, tạo thành trạng thái ngưng tụ exciton – tương tự như ngưng tụ Bose-Einstein (BEC) của những nguyên tử trung hòa. Quan tâm tới trạng thái ngưng tụ của exciton, nhóm của PGS.TS Phan Văn Nhâm (Đại học Duy Tân) đã nghiên cứu chi tiết bản chất lượng tử của các trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán dẫn/bán kim loại và cấu trúc graphene hai lớp bằng phương pháp Hartree-Fock không giới hạn (UHFA) hay phương pháp chiếu-tải chuẩn hóa (PRM) [8–13]. Mặc dù vậy, trong các nghiên cứu này, hệ exciton trong vật liệu được giả định ở trạng thái cân bằng, các điện tử cũng như lỗ trống đều được xem như không phụ thuộc spin. Đây là một sự đơn giản hóa và kết quả thu được vì vậy hoàn toàn chỉ mang tính chất định tính. Việc xem xét hệ exciton ở trạng thái phi cân bằng cũng như tính tới sự phụ thuộc vào spin của các điện tử và lỗ trống sẽ đem lại cho chúng ta bức tranh thực tế hơn về trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ, đặc biệt khi tính tới sự cạnh tranh của trạng thái ngưng tụ exciton với tính chất tô pô bất thường.

Thực vậy, trên thực tế, exciton thường được quan sát và trở nên bền vững hơn trong điều kiện phi cân bằng do năng lượng nhiệt trong trạng thái cân bằng có xu hướng phá vỡ cặp điện tử - lỗ trống cũng như làm giảm tính kết hợp lượng tử của chúng. Việc nghiên cứu trạng thái ngưng tụ exciton trong điều kiện phi cân bằng là cần thiết để mô tả hệ ngưng tụ exciton một cách thực tế hơn, góp phần định hướng thiết kế vật liệu có thể quan sát được trạng thái ngưng tụ exciton trong phòng thí nghiệm. Với hệ các hạt polariton - một giả hạt tương tự như exciton nhưng tồn tại trong cấu trúc vi hốc, nhóm của GS.TS Trần Thoại Duy Bảo (Viện Vật lý TP. Hồ Chí Minh, VAST) đã nghiên cứu trạng thái ngưng tụ ở điều kiện phi cân bằng, bằng phương trình Gross-Pitaevskii. Nhóm nghiên cứu đã mô tả sự hình thành tự phát của trạng thái ngưng tụ polariton dưới kích thích không cộng hưởng có dạng vòng – hiện tượng đã được quan sát thực nghiệm trong cấu trúc vi hốc CdTe [14] – cũng như mô tả tính chất động học và phát xạ huỳnh quang

khi hệ ở trạng thái kích thích [15]. Nhóm của PGS.TS Phan Văn Nhâm cũng đã mở rộng phương pháp PRM để khảo sát hệ polariton ở trạng thái dừng phi cân bằng trong cấu trúc vi hốc, hiện tượng ngưng tụ Bose-Einstein của các giả hạt exciton và polariton cũng như sự cạnh tranh giữa các trạng thái ngưng tụ cũng được thảo luận [16].

Mặc dù vậy, bản chất lượng tử của trạng thái ngưng tụ – đặc biệt là các đặc trưng tô pô – vẫn chưa được hiểu đầy đủ khi hệ ở trạng thái phi cân bằng. Trạng thái ngưng tụ exciton với tô pô không tầm thường là một trạng thái lượng tử mới, thể hiện sự cạnh tranh giữa tính chất kết hợp lượng tử vĩ mô của các giả hạt boson với trật tự tô pô, dẫn đến tính chất truyền dẫn không tiêu hao dưới ảnh hưởng của nhiễu loạn, tạp chất. Điều này mở ra tiềm năng ứng dụng lớn trong công nghệ điện tử, spintronics, cũng như điện toán lượng tử thế hệ mới. Trên phương diện khoa học cơ bản, nghiên cứu sự cạnh tranh của trạng thái ngưng tụ exciton với tính chất tô pô dị thường mở ra khả năng hiểu biết sâu sắc hơn bản chất lượng tử của các trạng thái ngưng tụ nói chung. Tại Việt Nam, nhóm của PGS.TS Trần Minh Tiến đã sớm quan tâm đến tính chất tô pô trong các hệ điện tử từ năm 2013 [17]. Bằng cách áp dụng lý thuyết trường trung bình động (DMFT) cho mô hình Haldane-Falicov-Kimball, nhóm nghiên cứu đã chỉ ra tính tô pô phi tầm thường trong trạng thái trật tự điện tích do ảnh hưởng của tương quan điện tử mạnh. Các nghiên cứu sau đó được mở rộng khảo sát các trạng thái tô pô trong vật liệu có các trạng thái trật tự sắt từ và phản sắt từ, dưới ảnh hưởng của tương tác từ và tương tác spin-quỹ đạo (SOC) [18–20]. Trong các nghiên cứu này, tính bất biến tô pô được xác định thông qua xác định độ dẫn spin-Hall lượng tử hoặc số Chern hay các trạng thái biên không khe năng lượng. Kết quả cho thấy các trạng thái tô pô phi tầm thường có thể xuất hiện do sự cạnh tranh giữa tương tác từ và SOC và hiệu ứng Hall lượng tử dị thường chỉ xuất hiện khi tương tác từ đủ mạnh.

Cho tới thời điểm hiện tại, các nghiên cứu trong nước vẫn chưa xem xét bản chất trạng thái ngưng tụ exciton ở trạng thái phi cân bằng và đặc biệt sự kết hợp của nó với tính chất tô pô khi có mặt của từ trường và SOC cùng với tương quan điện tử. Trong khi đó spin cũng như SOC và từ trường ngoài đóng vai trò quan trọng quyết định sự cạnh tranh của các trạng thái ngưng tụ exciton tương ứng với các cấu hình spin khác nhau của điện tử/lỗ trống và tính chất tô pô. Trên thế giới, kể từ khi phát hiện hiệu ứng Hall lượng tử phân số và các giả hạt Majorana trong hệ siêu dẫn kết hợp từ trường, các nghiên cứu về trạng thái kết hợp lượng tử vĩ mô có đặc trưng tô pô đã nhận được sự quan tâm mạnh mẽ [21]. Gần đây, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã khẳng định khả năng tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton có tính chất tô pô phi tầm thường ở điều kiện cân bằng. Tiêu biểu là nghiên cứu của TS. Varsano (Viện CNR-NANO, Modena, Ý) và cộng sự đã xác định sự đồng tồn tại giữa trật tự tô pô và ngưng tụ exciton – gọi là trạng thái ngưng tụ exciton tô pô – trong các đơn lớp kim loại chuyển tiếp dichalcogenide do sự phá vỡ suy biến spin của dải năng lượng, và đặc biệt có thể quan sát được ở nhiệt độ phòng [22]. Các đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton cũng được khảo sát trong các cấu trúc đa lớp hay bề mặt của hệ ba chiều [23–29]. Bằng lý thuyết trường trung bình, nhóm của Y. Jia (Đại học Princeton, Hoa Kỳ) và nhóm của Y.-Q. Wang (Đại học California, Hoa Kỳ) đã chứng minh sự tồn tại của trạng thái spin Hall lượng tử – đồng thời là trạng thái ngưng tụ exciton – xuất phát từ sự hình thành tự phát của cặp điện tử - lỗ trống; điều này được xác nhận thực nghiệm trong hệ đơn lớp WTe_2 [30].

Trong điều kiện phi cân bằng, với việc sử dụng hình thức luận hàm Green Keldysh, T. Morimoto (Đại học California, Hoa Kỳ) và N. Nagaosa (Đại học Tokyo, Nhật Bản) đã mô tả sự ổn định của các dòng dịch chuyển một chiều và những kích thích cộng

hưởng exciton bậc hai trong các tinh thể không tâm đối xứng [31]. Nghiên cứu chỉ ra rằng kết nối Berry của dải hóa trị và dải dẫn đóng vai trò trung tâm trong các tính chất phi tuyến của exciton tô pô, tạo nên những đặc điểm quang học đặc trưng. Mô hình này được mở rộng để dự đoán sự tồn tại của exciton phi đối xứng gương (chiral) và trạng thái tô pô Floquet với số Chern khác 0 khi hệ ở trạng thái phi cân bằng [32–34]. Việc điều chỉnh được khe năng lượng trạng thái ghép cặp cùng với trạng thái biên phi đối xứng gương mở ra khả năng quan sát trạng thái siêu lỏng phi đối xứng gương trong thực tế. GS. B. Uchoa (Đại học Oklahoma, Hoa Kỳ) và cộng sự đã khảo sát chất điện môi Chern có dải năng lượng phẳng và đã dự đoán sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton với cấu trúc xoáy (vortex) trong đó độ xoáy liên hệ trực tiếp với số Chern – có thể được quan sát thông qua hiệu ứng Hall lượng tử dị thường phi tuyến hoặc quang phổ phát xạ phân giải theo góc [35]. Các xoáy này dao động dưới tác động của kích thích tuần hoàn, là cơ sở để quan sát được đặc tính tô pô kết hợp của trạng thái ngưng tụ exciton. Gần đây, nhóm của A. Osterkorn (Viện Jozef Stefan, Slovenia) đã nghiên cứu tính chất động học của trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ hai lớp khi có chênh lệch thế hóa và bán dẫn pha tạp quang học bằng lý thuyết DMFT phi cân bằng [36]. Kết quả cho thấy sự cạnh tranh giữa tần số kích thích ngoài và cường độ tương tác, có thể được phát hiện qua phổ hấp thụ, là cơ sở để xác định trạng thái kết hợp lượng tử tô pô của các giả hạt exciton. Ngoài ra, nhóm của Z. Liu (Đại học Nam Kinh, Trung Quốc) đã chỉ ra rằng, chính khe năng lượng trong chất điện môi tô pô tạo nên các trạng thái ngưng tụ exciton sóng $p+ip$ và sóng s có cùng số Chern nhưng cấu trúc spin và phản ứng từ-quang khác nhau [37].

Mặc dù đã có nhiều tiến bộ đáng kể trong việc nghiên cứu các trạng thái ngưng tụ exciton cũng như các trạng thái trật tự lượng tử có đặc trưng tô pô trong điều kiện cân bằng và phi cân bằng, một khoảng trống quan trọng vẫn chưa được khai thác đầy đủ đó là bản chất tô pô cùng tính chất động của trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng dừng trong điều kiện có mặt của từ trường ngoài và SOC. Trong hầu hết các công trình nghiên cứu hiện có, bao gồm cả những nghiên cứu trong nước như ở nhóm của PGS.TS Phan Văn Nhâm, hệ exciton trong bán kim loại/bán dẫn được mô hình hóa không phụ thuộc vào spin trong điều kiện cân bằng nhiệt động. Mặc dù đây là một đơn giản hóa hợp lý ở mức độ cơ bản nhưng cách tiếp cận này chưa đủ để phản ánh các hiệu ứng lượng tử phức tạp khi có mặt đồng thời của từ trường và SOC cũng như điều kiện phi cân bằng do điều khiển ngoài. Sự phân tách dải năng lượng dẫn tới các cấu trúc spin phi tầm thường cùng với sự xuất hiện của các xoáy với số Chern khác 0 và điều khiển ngoài hợp lý đóng vai trò quyết định đến sự hình thành, ổn định các tính chất động lực học của các trạng thái ngưng tụ exciton tô pô. Đặc biệt, sự cạnh tranh giữa các cấu hình spin khác nhau của điện tử và lỗ trống trong trường hợp có mặt của SOC và từ trường ngoài có thể dẫn đến các pha lượng tử mới như trạng thái ngưng tụ exciton Chern, cạnh tranh giữa các trạng thái ngưng tụ exciton đơn tuyến/tam tuyến, hoặc trạng thái ngưng tụ Floquet phi đối xứng gương,... Việc chưa khảo sát một cách hệ thống bức tranh trạng thái ngưng tụ này của exciton đồng nghĩa với việc nhiều hiệu ứng vật lý quan trọng như hiệu ứng Hall dị thường phi tuyến, dòng điện không tán xạ phi đối xứng gương, hoặc chuyển pha lượng tử điều khiển bằng ánh sáng vẫn chưa được làm rõ về mặt cơ chế và điều kiện phát sinh. Thêm vào đó, các đặc trưng động học của các trạng thái ngưng tụ exciton tô pô phi cân bằng như dao động của thông lượng siêu chảy, phổ hấp thụ phụ thuộc thời gian, các tính chất quang và đặc biệt là thăng giáng lượng tử ở trạng thái kích thích năng lượng thấp ở gần các trạng thái ngưng tụ cũng chưa được nghiên cứu đầy đủ. Đây là các đặc trưng có thể xác định trong thực nghiệm và là chỉ dấu quan trọng của trật tự tô pô trong điều kiện

phi cân bằng dừng của trạng thái ngưng tụ exciton.

b) Mức độ cập nhật của các nghiên cứu trong nước so với các nghiên cứu mà các nhà khoa học của các nước tiên tiến đang tiến hành theo cùng hướng nghiên cứu

So với các trung tâm nghiên cứu tiên tiến trên thế giới, tình hình nghiên cứu về trạng thái ngưng tụ exciton nói chung và trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng có đặc trưng tô pô nói riêng tại Việt Nam còn rất khiêm tốn, cả về bản chất vật lý lẫn tiềm năng ứng dụng trong công nghệ lượng tử. Các nghiên cứu trong nước chủ yếu tập trung vào việc mô hình hóa sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton không spin trong vật liệu bán dẫn và bán kim loại ở điều kiện cân bằng và không có tương tác spin-quỹ đạo hay từ trường ngoài, hoặc khảo sát năng lượng liên kết exciton như một giả hạt phi tương tác. Mặc dù có những đóng góp đáng ghi nhận nhưng bản chất lượng tử phức tạp của trạng thái ngưng tụ exciton phụ thuộc vào cấu hình spin hay khả năng hình thành các trạng thái ngưng tụ có tính chất tô pô phi tầm thường cùng những thăng giáng lượng tử của các trạng thái ngưng tụ ở kích thích năng lượng thấp dưới điều kiện điều khiển ngoài vẫn chưa được quan tâm.

Trong khi đó, trên thế giới, đặc biệt là tại các trung tâm nghiên cứu hàng đầu như Đại học Princeton, Đại học California - Hoa Kỳ, Đại học Tokyo - Nhật Bản, CNR-NANO - Ý hay Đại học Nam Kinh - Trung Quốc,... các nghiên cứu đã đi xa hơn trong việc kết hợp lý thuyết trường trung bình, hình thức luận hàm Green Keldysh, lý thuyết Floquet và phương pháp DMFT phi cân bằng để làm rõ bản chất tô pô cũng như các đặc trưng động học của trạng thái ngưng tụ exciton trong điều kiện phi cân bằng. Các nghiên cứu này đã chỉ ra sự tồn tại của các trạng thái ngưng tụ exciton Chern, trạng thái ngưng tụ spin-Hall lượng tử hay trạng thái ngưng tụ Floquet phi đối xứng gương, cũng như xác định các chỉ dấu thực nghiệm như phổ hấp thụ phụ thuộc thời gian, hiệu ứng Hall dị thường phi tuyến, dòng điện không tán xạ phi đối xứng gương và các xoáy dao động mang tính tô pô. Những kết quả này không chỉ củng cố lý thuyết về sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton tô pô phi cân bằng mà còn định hướng mạnh mẽ cho các ứng dụng tiềm năng trong công nghệ spintronics, quang điện tử lượng tử và điện toán lượng tử. Mặc dù vậy, những nghiên cứu này chủ yếu khảo sát các tính chất của trạng thái ngưng tụ ở điều kiện phi cân bằng tạm thời. Ở điều kiện phi cân bằng tạm thời, thời gian sống của exciton cũng như sự ổn định của trạng thái ngưng tụ rất ngắn. Điều đó cho thấy, để có được trạng thái ngưng tụ ổn định, mở ra khả năng ứng dụng trong thực tế, trạng thái ngưng tụ exciton cần được khảo sát trong điều kiện phi cân bằng dừng. Nói cách khác, việc mở rộng nghiên cứu về tính chất tô pô trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng dừng, có xét đến tương tác spin-quỹ đạo, từ trường và các yếu tố động học trong điều kiện điều khiển ngoài không chỉ là hướng đi cấp thiết về mặt khoa học cơ bản mà còn mang tính thời sự. Đây như là cơ sở để chúng ta hiểu rõ bản chất của trạng thái ngưng tụ exciton trong điều kiện thực tế, từ đó mở ra tiềm năng ứng dụng trong công nghệ lượng tử hiện đại. Các kết quả đạt được vì vậy có thể đăng được trên những tạp chí quốc tế uy tín trong chuyên ngành Vật lý các chất đông đặc.

c) Những kết quả nghiên cứu của chủ nhiệm đề tài, nhóm nghiên cứu đã đạt được theo hướng nghiên cứu của đề tài.

- Với trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại/bán dẫn, trong những năm gần đây, chủ nhiệm đề tài và nhóm nghiên cứu đã đạt được những kết quả khả quan. Cụ thể, bằng lý thuyết Hartree-Fock không giới hạn, chúng tôi đã khảo sát chi tiết mô hình điện tử - lỗ trống không spin khi có mặt đồng thời tương tác Coulomb giữa điện tử ở dải

dẫn và lỗ trống ở dải hóa trị và tương tác điện tử với phonon. Xem như các tương tác hoàn toàn định xứ, chúng tôi đã thu được hệ phương trình tự hợp, xác định đồng thời tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton và biến dạng mạng. Kết quả khẳng định sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton đồng thời với biến dạng mạng khi tương tác điện tử - phonon đủ lớn và tương tác Coulomb trong giới hạn chặn trên và chặn dưới. Cụ thể, khi tương tác Coulomb nhỏ, hệ exciton ngưng tụ ở dạng BCS như những cặp Cooper trong các chất siêu dẫn thường. Tuy nhiên, khi tương tác Coulomb lớn, liên kết giữa điện tử và lỗ trống đủ mạnh để gắn kết và exciton cư xử như những nguyên tử trung hòa nên ngưng tụ trong trạng thái dạng BEC như lý thuyết ngưng tụ do Bose-Einstein đề xuất. Giao nhau của các trạng thái ngưng tụ dạng BCS và BEC được khảo sát chi tiết. Tiếp tục tăng tương tác Coulomb, đóng góp của dịch chuyển Hartree làm hệ chuyển sang trạng thái bán dẫn. Năng lượng liên kết exciton không đủ thắng khe năng lượng và trạng thái ngưng tụ exciton bị phá vỡ. Tuy nhiên, ở vùng này chúng tôi nhận thấy sự thắng giáng rất mạnh của trạng thái lượng tử kết hợp của cặp điện tử - lỗ trống thông qua khảo sát hàm cảm ứng động exciton bằng gần đúng pha ngẫu nhiên. Từ đây chúng tôi khẳng định sự tồn tại của trạng thái liên kết exciton trước khi xảy ra trạng thái ngưng tụ, hay thường gọi là pha “halo”. Trạng thái này không tồn tại khi xét hệ ở vùng bán kim loại. Cũng với mô hình này, chúng tôi đã phân tích chi tiết ảnh hưởng của thăng giáng nhiệt, phonon ở giới hạn đoạn nhiệt/phi đoạn nhiệt cũng như sự mất cân bằng khối lượng của điện tử và lỗ trống lên bức tranh ngưng tụ exciton khi khảo sát độ dẫn quang bởi lý thuyết phản hồi tuyến tính. Những nghiên cứu này cũng được chúng tôi mở rộng khảo sát sự ngưng tụ của hệ hạt polariton trong cấu trúc vi hốc. Theo hướng nghiên cứu này, trong 5 năm gần đây, chủ nhiệm đề tài và nhóm nghiên cứu đã công bố 07 bài báo trên tạp chí ISI trong đó 06 bài được đăng trên tạp chí Physical Review B [8-13], một trong những tạp chí ISI uy tín nhất trong chuyên ngành Vật lý hệ cô đặc. Những kết quả này là cơ sở để chúng tôi tiến sâu, nghiên cứu rõ bản chất tô pô lượng tử của trạng thái ngưng tụ exciton ở điều kiện thực tế, nâng cao khả năng ứng dụng trong công nghệ lượng tử.

- Trong lĩnh vực khảo sát trạng thái ngưng tụ của giả hạt boson ở trạng thái phi cân bằng tĩnh, thành viên của đề tài (PGS. TS Phan Văn Nhâm) đã xây dựng thành công một khuôn khổ lý thuyết tổng quát dựa trên phương pháp chiếu-tải chuẩn hóa nhằm khảo sát hệ điện tử - lỗ trống - photon không spin trong vi hốc bán dẫn khi hệ ở trạng thái phi cân bằng dừng. Bằng lý thuyết hàm Green không cân bằng, nhóm tác giả đã thu được trạng thái dừng ổn định cho các hệ mở có sự bơm và tiêu hao photon. Kết quả tính toán thể hiện rõ các trạng thái ngưng tụ exciton-BEC ở mật độ thấp, polariton-BEC ở mật độ trung bình, và photon-laser ở mật độ cao của tổng số hạt kích thích. Phổ phát xạ trạng thái dừng được xác định và thể hiện rõ các đặc trưng và tính chất bền vững của trạng thái ngưng tụ lượng tử ở điều kiện phi cân bằng. Những kết quả này được đăng trên tạp chí Physical Review B [16], đóng vai trò cung cấp công cụ lý thuyết hiệu quả để phân tích các thí nghiệm liên quan đến ngưng tụ polariton trong vi hốc bán dẫn hiện đại. Và đây cũng là cơ sở để chúng tôi mở rộng, áp dụng cho khảo sát trạng thái ngưng tụ cũng như các tính chất tô pô của hệ exciton phi cân bằng dừng.

- Trong lĩnh vực khảo sát tính chất tô pô của các trạng thái trật tự tầm xa, thành viên của đề tài (TS Nguyễn Hồng Sơn) cũng đã thành công trong việc nghiên cứu trật tự tô pô trong các hệ điện tử bằng lý thuyết trường trung bình động. Trạng thái tô pô được xác định thông qua tính toán số Chern cũng như độ dẫn Hall lượng tử. Trong điện môi tô pô Chern, tương quan làm xuất hiện chuyển pha từ điện môi tô pô sang kim loại và điện môi Mott tầm thường, đồng thời tạo ra sự đồng tồn tại giữa trật tự điện tích và trật tự tô

pô khi đối xứng nghịch đảo không gian bị phá vỡ. Trong mô hình trao đổi kép với liên kết spin-quỹ đạo, các pha tô pô phản sắt từ và sắt từ xuất hiện tùy thuộc mức lấp đầy và độ mạnh tương tác, kèm theo các hiệu ứng Hall lượng tử. Với hệ dải phẳng và mạng Lieb, nghiên cứu cũng phát hiện các pha điện môi tô pô bất đối xứng spin cũng như trạng thái nửa kim loại tô pô. Các kết quả này cũng được đăng trên tạp chí Physical Review B [17-18], và là cơ sở để chúng tôi tìm hiểu kỹ lưỡng tính chất tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton, một trạng thái hình thành và ổn định cũng nhờ tính chất tương quan giữa điện tử và lỗ trống thông qua tương tác tĩnh điện Coulomb.

2.2. Sự cần thiết tiến hành nghiên cứu

Trong vài thập kỷ qua, trật tự tô pô đã trở thành một trong những khái niệm trung tâm của vật lý lý thuyết hiện đại, mở ra hướng tiếp cận mới trong việc phân loại các pha vật chất lượng tử ngoài khuôn khổ lý thuyết phá vỡ đối xứng tự phát truyền thống [21]. Trật tự tô pô hay trạng thái tô pô phi tầm thường là một khái niệm toán học thể hiện tính chất bảo toàn hình dạng dưới các biến dạng liên tục. Trong vật lý lượng tử, trật tự tô pô được xác định thông qua các đại lượng bất biến hình học như số Chern, chỉ số $\mathbb{Z}_2$, hoặc độ cong Berry xác định trên không gian xung lượng của dải năng lượng. Những đại lượng này không thay đổi dưới các nhiễu loạn cục bộ như tạp chất, khuyết tật mạng hay thăng giáng nhiệt thấp, do đó mang lại sự ổn định vượt trội cho các tính chất lượng tử của hệ [21]. Sự xuất hiện của các trạng thái điện môi tô pô, hiệu ứng Hall lượng tử, các mode biên không tiêu hao năng lượng và sự tồn tại của các giả hạt Majorana trong siêu dẫn,... là những hệ quả nổi bật của trật tự tô pô và đã làm thay đổi mạnh mẽ hiểu biết của chúng ta về trạng thái ngưng tụ của vật chất [38–41]. Những đặc trưng này không chỉ giúp mở rộng hiểu biết nền tảng trong vật lý lượng tử nhiều hạt, mà còn là nền tảng cho công nghệ lượng tử thế hệ mới – khi sự ổn định lượng tử dài theo thời gian và khả năng chống nhiễu đóng vai trò quyết định [42, 43].

Một hướng tiếp cận có nhiều tiềm năng trong lĩnh vực này là nghiên cứu sự kết hợp đồng thời giữa trật tự tô pô và trạng thái ngưng tụ của các giả hạt boson. Trong đó, hệ exciton – được hình thành từ các cặp điện tử và lỗ trống liên kết bởi tương tác tĩnh điện Coulomb – như một ứng viên điển hình. Với bản chất boson và khối lượng hiệu dụng nhỏ (nhỏ hơn cỡ 10 lần khối lượng của điện tử tự do), exciton với mật độ đủ lớn có thể hình thành trạng thái ngưng tụ lượng tử tương tự như ngưng tụ Bose–Einstein (BEC) ở nhiệt độ cao hơn so với các nguyên tử trung hòa truyền thống [44–46]. Trạng thái ngưng tụ exciton không chỉ đóng vai trò như một dạng siêu lỏng không mang điện, mà còn là tiền đề cho các hiện tượng điện tử–quang học phi tuyến, hiệu ứng Hall dị thường và truyền dẫn đặc trưng không tán xạ [47–49]. Đặc biệt, khi trạng thái ngưng tụ exciton xảy ra trong môi trường có độ cong Berry hoặc các điều kiện bất đối xứng (như phá vỡ đối xứng gương, tương tác spin-quỹ đạo mạnh, từ trường ngoài), hệ có thể biểu hiện các đặc trưng tô pô phi tầm thường, hình thành nên trạng thái ngưng tụ exciton–Chern [50–52], ngưng tụ exciton Hall [50, 53–55], hoặc các trạng thái phi đối xứng gương với số Chern dạng phân số [56, 57].

Tuy nhiên cho đến nay, phần lớn các công trình chỉ nghiên cứu trạng thái ngưng tụ exciton có hoặc không có tính chất tô pô không tầm thường ở giới hạn cân bằng nhiệt động [8–13, 44–57]. Trong chế độ cân bằng, do sự tồn tại của thăng giáng nhiệt và hiệu ứng tái hợp điện tử - lỗ trống, exciton dễ bị phân rã, thậm chí trước khi trạng thái ngưng tụ được hình thành [58, 59]. Trong khi đó, ở trường hợp phi cân bằng tạm thời (transient non-equilibrium), một số nghiên cứu về trạng thái ngưng tụ exciton cũng đã được tiến hành [60–62]. Tuy nhiên, ở trường hợp này – ví dụ sau xung laser cực ngắn – trạng thái

ngưng tụ có thể hình thành nhưng thời gian tồn tại rất ngắn, thường không vượt quá vài pico giây [60-62]. Điều này gây khó khăn rất nhiều cho việc quan sát và khai thác ứng dụng của trạng thái ngưng tụ. Các trạng thái này đương nhiên không đủ thời gian để hình thành và ổn định cấu trúc tô pô và các trạng thái này cũng không thể được điều khiển một cách hiệu quả bằng các thông số ngoài như bơm quang học hoặc trường điện-từ [63].

Khác với hai chế độ trên, trạng thái phi cân bằng dừng (non-equilibrium steady state) là điều kiện vật lý cho phép hệ duy trì trạng thái kích thích ổn định theo thời gian nhờ sự cân bằng động giữa quá trình bơm và tiêu hao [63]. Trong trường hợp exciton, điều này có thể đạt được thông qua quá trình chiếu sáng liên tục hay sử dụng dòng điện ngoài hoặc bơm điện tử, giúp hệ đạt tới trạng thái dừng ổn định với tham số trật tự ngưng tụ exciton không thay đổi theo thời gian [64, 65]. Đây là cơ chế lý tưởng để khảo sát các pha ngưng tụ boson ổn định trong điều kiện thực nghiệm, đồng thời cho phép khai thác các đặc tính tô pô phụ thuộc thời gian thực [63-65]. Quan trọng hơn, các đặc trưng tô pô trong chế độ dừng có thể được điều khiển trực tiếp thông qua cường độ bơm, hướng spin, hoặc biên độ của trường ngoài – điều này mở ra khả năng quan sát chuyển pha tô pô cũng như cạnh tranh giữa trạng thái ngưng tụ exciton với trật tự tô pô khi có điều khiển ngoài, một khái niệm rất khó thực hiện trong cân bằng [61, 66]. Hơn nữa, hệ ngưng tụ exciton tô pô ở điều kiện phi cân bằng dừng có thể hoạt động ở nhiệt độ phòng trong một số vật liệu như kim loại chuyển tiếp chalcogenides đơn lớp hoặc một số hệ vi hóc [67], điều này vượt xa giới hạn nhiệt độ của các trạng thái ngưng tụ exciton ở giới hạn cân bằng, vốn đòi hỏi nhiệt độ rất thấp, dưới 10K [68].

Mặc dù việc nghiên cứu cơ chế hình thành trạng thái ngưng tụ exciton cùng với đặc trưng tô pô ở điều kiện phi cân bằng đã đạt được một số thành tựu đáng kể. Cụ thể, sự hình thành trạng thái ngưng tụ exciton có đặc trưng Floquet–Chern khi hệ được chiếu sáng bằng nguồn ánh sáng tuần hoàn đã được nghiên cứu. Ở điều kiện này, tính chất tô pô cũng thể hiện rõ khi số Chern được xác định khác 0, có mode biên không khe năng lượng và đặc trưng quang phổ phát xạ bất thường [69, 70]. Các cấu trúc sóng $p+ip$, s , hay d của trạng thái ngưng tụ exciton với bất biến số Chern cũng được xác định dưới điều kiện phi cân bằng dừng khi ảnh hưởng của tương quan điện tử - lỗ trống và tính chất tô pô bất thường của vật liệu được kể tới [37]. Tuy nhiên, các hiện tượng như thăng giáng trạng thái kết hợp lượng tử gần điểm chuyển pha, phổ hấp thụ, phổ huỳnh quang phụ thuộc thời gian, dòng siêu chảy có tính chất tô pô hoặc xoáy dao động spin lượng tử là những đặc trưng động học vừa có giá trị về lý thuyết, vừa là chỉ dấu thực nghiệm quan trọng để khảo sát sự ổn định và cạnh tranh của trạng thái ngưng tụ exciton với các đặc trưng tô pô của hệ vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu. Trong khi đó, hệ exciton ở điều kiện phi cân bằng dừng là cơ sở ứng dụng thực tế cho các thiết bị quang điện tử lượng tử, nguồn phát ánh sáng kết hợp điều khiển ngoài, mạch lượng tử ổn định theo thời gian,... Việc khảo sát các tính chất truyền dẫn như độ dẫn quang, phổ phát xạ đơn hạt, phổ huỳnh quang, hàm cảm ứng động exciton,... trong điều kiện dừng không chỉ cho ta bức tranh đầy đủ về cơ chế truyền tải lượng tử mà còn chỉ ra phương pháp tối ưu hóa điều kiện để hệ duy trì trạng thái lượng tử bền vững.

Như vậy, dù đã có một số nghiên cứu tiên phong trong lĩnh vực nghiên cứu tính chất tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton ở điều kiện phi cân bằng dừng, nhưng phần lớn các nghiên cứu này mới chỉ giới hạn ở một số mô hình đơn giản, thường không bao gồm đầy đủ các yếu tố như tương tác spin-quỹ đạo, từ trường ngoài, hoặc tương tác điện tử-phonon hay ảnh hưởng của tương tác Coulomb giữa điện tử và lỗ trống dẫn đến đặc

trung giao nhau dạng BCS-BEC của trạng thái ngưng tụ exciton. Cạnh tranh các cấu hình spin của trạng thái ngưng tụ với đặc trưng tô pô cũng như những thăng giáng lượng tử kết hợp và kích thích năng lượng thấp của trạng thái ngưng tụ vẫn chưa được khảo sát. Bản chất lượng tử, tô pô, thăng giáng năng lượng thấp của trạng thái ngưng tụ exciton ở điều kiện phi cân bằng dừng vì vậy chưa được đề cập. Tại Việt Nam, tình hình nghiên cứu về vấn đề nêu trên càng khiêm tốn hơn. Thực vậy, các công trình hiện tại mới chỉ tập trung vào trạng thái ngưng tụ exciton trong điều kiện cân bằng nhiệt động, hoặc chỉ khảo sát dạng năng lượng liên kết exciton một cách riêng lẻ mà chưa có công trình nào nghiên cứu hệ exciton tương quan spin có đặc trưng tô pô và động học trong điều kiện phi cân bằng dừng. Đây chính là khoảng trống quan trọng mà đề tài này hướng tới.

Việc nghiên cứu các tính chất động học và đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong các chất bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng vì vậy không chỉ là một vấn đề cơ bản cấp thiết về mặt khoa học mà còn mang tính thời sự và thực tiễn cao. Nó giúp hoàn thiện hiểu biết sâu sắc lý thuyết về các trạng thái lượng tử ổn định ngoài điều kiện cân bằng, đồng thời làm nền tảng cho các nghiên cứu thực nghiệm và công nghệ lượng tử hiện đại trong lĩnh vực quang – điện tử lượng tử, vật liệu tô pô và điện toán lượng tử thế hệ mới. Việc thực hiện đề tài không chỉ thúc đẩy hướng nghiên cứu lý thuyết tiên tiến tại Việt Nam mà còn góp phần kết nối với các xu hướng quốc tế trong vật lý lượng tử tô pô và công nghệ lượng tử điều khiển ngoài. Thành công của nghiên cứu có thể tạo ra những kết quả khoa học có giá trị cao, công bố trên các tạp chí uy tín hàng đầu trong chuyên ngành vật lý các hệ cô đặc.

3. Mục tiêu của đề tài

Đề khảo sát chi tiết bản chất lượng tử cũng như đặc trưng tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton cùng các tính chất động học trong các chất bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng. Trong tài này, chúng tôi tập trung vào 3 mục tiêu chính, cụ thể như sau:

- Làm rõ sự cạnh tranh giữa trật tự tô pô với các trạng thái ngưng tụ exciton trong các chất bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng.
- Nêu bật tính chất động học của trạng thái ngưng tụ exciton trong các chất bán kim loại/bán dẫn ở trạng thái phi cân bằng dừng.
- Làm rõ bản chất đối xứng của các trạng thái ngưng tụ exciton và cơ chế giao nhau giữa trạng thái ngưng tụ dạng BCS và dạng BEC của exciton trong các chất bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng cùng với trật tự tô pô.

Bên cạnh mục tiêu nghiên cứu cụ thể các tính chất vật lý, thực hiện đề tài này giúp thúc đẩy hướng nghiên cứu các trạng thái lượng tử ở giới hạn phi cân bằng cũng như khảo sát tính chất tô pô của các trạng thái trật tự tầm xa trong chất rắn. Những nghiên cứu này sẽ gắn với điều kiện thực tế, giúp thúc đẩy và định hướng các nghiên cứu thực nghiệm cũng như ứng dụng vào công nghệ lượng tử.

4. Phạm vi, nội dung, phương pháp nghiên cứu

Phạm vi của đề tài này tập trung nghiên cứu bản chất lượng tử, các đặc trưng tô pô và tính chất động học của trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim và bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng. Bằng việc sử dụng các phương pháp lý thuyết tiên tiến như gần đúng Hartree–Fock không giới hạn hay lý thuyết chiều–tái chuẩn hóa và hàm Green phi cân bằng, đề tài khảo sát sự hình thành và độ ổn định của trạng thái ngưng tụ

exciton ứng với các cấu hình spin đơn tuyến/tam tuyến khác nhau trong điều kiện có tương tác Coulomb, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo và từ trường ngoài. Nghiên cứu cũng phân tích các bất biến tô pô (như số Chern), các hệ số truyền dẫn và kích thích, thăng giáng năng lượng thấp để làm rõ các đặc trưng động học cũng như bản chất đối xứng của trạng thái ngưng tụ. Từ đó, đề tài xây dựng một khuôn khổ lý thuyết toàn diện cho việc hiểu rõ bản chất các trạng thái ngưng tụ exciton tô pô trong hệ lượng tử mở có điều khiển ngoài.

Trong phạm vi này, tương ứng với các mục tiêu nghiên cứu ở trên, đề tài tập trung vào 3 nội dung nghiên cứu chính, cụ thể như sau:

- **Nội dung nghiên cứu 1:** Nghiên cứu bản chất lượng tử, trật tự tô pô của các trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng.

Trên cơ sở của các lý thuyết tự hợp (gần đúng Hartree-Fock không giới hạn [9-13], phương pháp chiếu-tái chuẩn hóa [8, 71, 72]) chúng tôi khảo sát các mô hình hai dải năng lượng điện tử-lỗ trống có spin tương quan, có tính tới các tương tác Coulomb giữa điện tử-lỗ trống, tương tác điện tử-phonon và đặc biệt kể tới tương tác spin-quỹ đạo Rashba và tách mức năng lượng Landau phụ thuộc vào từ trường ngoài. Kết hợp với tính toán hàm Green phi cân bằng khi xét tới ảnh hưởng của kích thích ngoài liên tục [16, 73, 74], chúng tôi thiết lập biểu thức giải tích xác định tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng dừng. Trên cơ sở kết quả tính toán giải tích, chúng tôi thiết lập chương trình tính số để khảo sát chi tiết trạng thái ngưng tụ exciton trong điều kiện phi cân bằng dừng, thể hiện rõ ảnh hưởng của môi trường ngoài lên trạng thái ngưng tụ của hệ thông qua khảo sát các tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton. Từ kết quả của tính số Chern-tham số trật tự trạng thái tô pô-bằng phương pháp Fukui-Hatsugai-Suzuki [17-20, 75], trạng thái năng lượng biên, số quẩn, cũng như phân tích kỹ bản chất ngưng tụ của hệ exciton với các cấu hình spin đơn tuyến/tam tuyến khác nhau, chúng tôi tìm hiểu sự cạnh tranh giữa các trạng thái ngưng tụ exciton phụ thuộc vào hướng của spin với bản chất tô pô của hệ, xác định trạng thái ngưng tụ exciton nào sẽ ổn định cùng với trật tự tô pô. Các phương pháp nghiên cứu lý thuyết chúng tôi sử dụng ở đề tài này đã được chứng minh như là những cách tiếp cận hiệu quả nhất trong việc khảo sát các trạng thái trật tự tầm xa cũng như xác định đặc trưng tô pô trong các hệ điện tử tương quan mạnh.

Kết quả của nội dung này có thể đăng 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín, 01 bài báo trên tạp chí quốc gia và 01 báo cáo khoa học hội nghị.

- **Nội dung nghiên cứu 2:** Nghiên cứu bức tranh động học, các kích thích ở năng lượng thấp của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng.

Bằng việc sử dụng lý thuyết phản hồi tuyến tính, chúng tôi thiết lập biểu thức giải tích xác định độ dẫn quang trong giới hạn phi cân bằng dừng. Bên cạnh đó, hàm cảm ứng động exciton được xác định bằng gần đúng pha ngẫu nhiên còn các hàm phổ đơn hạt hay phổ phát quang được khảo sát trên cơ sở của lý thuyết hàm Green phi cân bằng. Từ các kết quả giải tích, chúng tôi lập trình tính số khảo sát sự phụ thuộc vào năng lượng của các hệ số truyền dẫn (cụ thể là độ dẫn quang) hay hàm phổ đơn hạt, phổ phát xạ huỳnh quang,... cũng như các hàm cảm ứng động exciton. Các tính chất động học bất thường sẽ giúp chúng tôi hiểu rõ cơ chế ảnh hưởng của điều kiện phi cân bằng lên bức tranh ngưng tụ exciton, đặc biệt lên cơ chế thăng giáng hay sự liên kết cặp điện tử - lỗ

trống của hệ trước và trong khi xảy ra trạng thái ngưng tụ. Từ đó giúp nêu bật tính chất động học của trạng thái ngưng tụ exciton trong trạng thái phi cân bằng dừng.

Kết quả của nội dung này có thể đăng 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín và 01 báo cáo khoa học hội nghị.

- Nội dung nghiên cứu 3: Phân tích bản chất đối xứng spin cũng như bức tranh giao nhau BCS-BEC của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng với các cấu hình spin đơn tuyến/tam tuyến cùng trật tự tô pô.

Trên cơ sở lý thuyết tự hợp (gần đúng Hartree-Fock không giới hạn, lý thuyết chiều-tái chuẩn hóa) kết hợp với tính toán hàm Green không cân bằng, tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton ứng với mỗi cấu hình spin của hạt tải, cấu trúc xoáy cũng như số Chern được xác định. Trên cơ sở kết quả tính số biểu thị sự phụ thuộc vào xung lượng của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton, chúng tôi phân tích các thành phần thực, ảo của tham số trật tự; đặc trưng tán sắc của các tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton với các cấu hình spin khác nhau, từ đó xác định bản chất đối xứng sóng s , $p+ip$, hay d của trạng thái ngưng tụ, xem xét trạng thái ngưng tụ nào sẽ tồn tại ổn định với trật tự tô pô của hệ. Trên cơ sở phân tích ảnh hưởng của xung lượng Fermi lên tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton, chúng tôi cũng khảo sát chi tiết cơ chế giao nhau giữa trạng thái ngưng tụ dạng BCS và dạng BEC, xem xét trạng thái ngưng tụ ở dạng cấu hình spin cũng như ở dạng đối xứng nào sẽ có thể quan sát được sự giao nhau BCS-BEC này.

Kết quả của nội dung này có thể đăng 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín và 01 báo cáo hội nghị trong nước.

Các phương pháp nghiên cứu lý thuyết chúng tôi sử dụng ở đề tài này đã được chứng minh như là những cách tiếp cận hiệu quả nhất trong việc khảo sát các trạng thái trật tự tầm xa cũng như xác định đặc trưng tô pô trong các hệ điện tử tương quan mạnh.

- Sự cần thiết của các hoạt động phục vụ nghiên cứu:

Vì đây là một đề tài kết hợp nhiều lĩnh vực nghiên cứu vật lý hiện đại trong lý thuyết lượng tử, từ nghiên cứu các trạng thái lượng tử kết hợp, tính chất tô pô tới các hệ phi cân bằng. Trong quá trình thực hiện đề tài, chắc chắn chúng tôi cần nhiều sự góp ý từ các chuyên gia trong mỗi lĩnh vực và là cơ sở để thu hút cũng như chia sẻ công việc, kết quả nghiên cứu, nên những hoạt động tổ chức hội thảo khoa học hay tham các hội nghị, hội thảo trong nước/quốc tế là cần thiết và nó sẽ là một phần trong hoạt động giúp thực hiện thành công đề tài này. Chúng tôi dự định sẽ tổ chức 02 Hội thảo khoa học và tham gia 03 hội nghị khoa học thường niên.

5. Tính khả thi của nghiên cứu

Với những tính mới, sự cần thiết cũng như mục tiêu cụ thể, các bước nghiên cứu cùng phương pháp cần tiến hành để đạt được mục tiêu đã nêu một cách rõ ràng ở những phần trên, chúng tôi tin tưởng vào khả năng làm chủ công việc, hoàn thành các nội dung nghiên cứu trong thời gian cho phép.

Chủ nhiệm đề tài và các thành viên nghiên cứu được đào tạo và thực tập nghiên cứu ở những trung tâm nghiên cứu uy tín trong nước và quốc tế. Trong những năm gần đây, chúng tôi luôn đều đặn có những công bố trên những tạp chí quốc tế uy tín trong top đầu về những vấn đề gần với những nghiên cứu trong đề tài này như khảo sát trạng

thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại/bán dẫn hay polariton trong cấu trúc vi hốc và các tính chất động học của chúng.

Cùng với trang bị hệ máy tính tính toán hiệu năng cao tại cơ sở chủ trì của đề tài, các bài toán lớn hoàn toàn có thể thực hiện trong thời gian cho phép. Cơ sở chủ trì của đề tài cũng đã có nhiều kinh nghiệm trong việc quản lý các đề tài Nafosted, đề tài các cấp nhà nước, cấp bộ, ngành. Điều đó giúp cho việc thực hiện đề tài sẽ dễ dàng và hiệu quả.

TT	Tên thiết bị	Mục đích sử dụng	Cơ quan quản lý
1	Hệ thống máy tính tốc độ cao thuộc Phòng thí nghiệm Địa tin học	Chạy chương trình tính số	Trường Đại học Mở - Địa chất

Từ những điều kiện kể trên, chúng tôi hoàn toàn tin tưởng vào sự thành công của đề tài và các kết quả của đề tài sẽ được đăng trên những tạp chí quốc tế uy tín trong top đầu chuyên ngành vật lý các chất đông đặc.

6. Kế hoạch triển khai

STT	Nội dung, công việc*	Thời gian (bắt đầu, kết thúc)	Người thực hiện	Kết quả, sản phẩm
1	Nội dung nghiên cứu 1: Nghiên cứu bản chất lượng tử, trật tự tô pô của các trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng			
1.1	Công việc 1.1: Đề xuất mô hình điện tử 2 mức năng lượng phụ thuộc spin trong từ trường có tương tác điện tử-lỗ trống, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba. Thiết lập giải tích hệ phương trình tự hợp xác định tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng dừng.	(tháng thứ 1, tháng thứ 3)	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (2 tháng), Phan Văn Nhâm, thành viên (1 tháng), Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (1 tháng), Nguyễn Thị Hậu, kỹ thuật viên (1 tháng)	Mô hình điện tử 2 mức năng lượng và kết quả giải tích hệ phương trình tự hợp

1.2	Công việc 1.2: Lập trình tính số giải hệ phương trình tự hợp và tính số Chern trong giới hạn phi cân bằng dùng bằng phương pháp Fukui-Hatsugai-Suzuki.	(tháng thứ 4, tháng thứ 6)	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (1,5 tháng), Phan Văn Nhâm, thành viên (1,5 tháng), Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (2 tháng)	Các chương trình tính số giải hệ phương trình tự hợp và tính số Chern
1.3	Công việc 1.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập sự phụ thuộc của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton và số Chern vào tương tác Coulomb, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba và từ trường.	(tháng thứ 7, tháng thứ 9)	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (1,5 tháng), Phan Văn Nhâm, thành viên (1,6 tháng), Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (2 tháng)	Các bảng số liệu, hình vẽ, giản đồ pha về sự phụ thuộc của tham số trật tự và số Chern vào các tham số
2	Nội dung nghiên cứu 2: Nghiên cứu bức tranh động học, các kích thích năng lượng thấp của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dùng			
2.1	Công việc 2.1: Tính giải tích độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, hàm phổ đơn hạt, phổ phát xạ huỳnh quang của mô hình điện tử 2 mức năng lượng trong từ trường có tương tác điện tử-lỗ trống, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba ở giới hạn phi cân bằng dùng.	(tháng thứ 10, tháng thứ 12)	Phan Văn Nhâm, thành viên chính (1,7 tháng), Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên (1,5 tháng) Nguyễn Thị Hậu, thành viên (1 tháng), Nguyễn Thị Diệu Thu, kỹ thuật viên (1 tháng)	Kết quả giải tích độ dẫn quang, hàm cảm ứng, hàm phổ

2.2	Công việc 2.2: Thiết lập chương trình tính số xác định sự phụ thuộc vào năng lượng của độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, các hàm phổ đơn hạt, phổ phát xạ huỳnh quang của mô hình điện tử 2 mức năng lượng trong giới hạn phi cân bằng dừng.	(tháng thứ 13, tháng thứ 16)	Phan Văn Nhâm, thành viên chính (1,5 tháng), Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên (1,6 tháng), Nguyễn Thị Diệu Thu, kỹ thuật viên (1 tháng)	Các chương trình tính số tính độ dẫn quang, hàm cảm ứng, hàm phổ
2.3	Công việc 2.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập các giản đồ, hình vẽ mô tả sự phụ thuộc vào năng lượng của độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, các hàm phổ, phổ phát xạ huỳnh quang của hệ điện tử 2 mức năng lượng trong giới hạn phi cân bằng dừng. Nhấn mạnh vai trò của trật tự tô pô.	(tháng thứ 17, tháng thứ 20)	Phan Văn Nhâm, thành viên chính (1,4 tháng), Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên (0,9 tháng), Nguyễn Thị Hậu, thành viên (1,1 tháng), Nguyễn Thị Diệu Thu, kỹ thuật viên (1 tháng)	Các bảng số liệu, hình vẽ về sự phụ thuộc của độ dẫn quang, hàm cảm ứng, hàm phổ vào năng lượng.
3	Nội dung nghiên cứu 3: Phân tích bản chất đối xứng spin cũng như bức tranh giao nhau BCS-BEC của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng với các cấu hình spin đơn tuyến/tam tuyến cùng trật tự tô pô			
3.1	Công việc 3.1: Thiết lập hệ phương trình tự hợp xác định sự phụ thuộc vào xung lượng của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton ứng với mỗi cấu hình spin của hạt tải, biểu thức giải tích mô tả cấu trúc xoáy và số Chern trong điều kiện phi cân bằng dừng	(tháng thứ 21, tháng thứ 24)	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (1,2 tháng), Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (1,5 tháng), Nguyễn Thị Hậu, thành viên (1,4 tháng)	Kết quả giải tích hệ phương trình tự hợp
3.2	Công việc 3.2: Lập trình tính số xác định sự phụ thuộc vào xung lượng của phần thực và	(tháng thứ 25,	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (1,2 tháng),	Các chương trình tính số tính tham số

	<i>phản ảo của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton ứng với mỗi cấu hình spin dạng đơn tuyến và tam tuyến của cặp điện tử-lỗ trống trong điều kiện phi cân bằng dừng. Thiết lập chương trình tính số Chern bằng phương pháp Fukui-Hatsugai-Suzuki.</i>	tháng thứ 29)	Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (2 tháng), Nguyễn Thị Diệu Thu, kỹ thuật viên (1,4 tháng)	trật tự và số Chern ứng với cấu hình spin.
3.3	Công việc 3.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập các giản đồ, hình vẽ thể hiện bản chất đối xứng spin và giao nhau BCS-BEC của trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng cùng với trật tự tô pô	(tháng thứ 30, tháng thứ 34)	Đỗ Thị Hồng Hải, thành viên chính (1,3 tháng), Nguyễn Hồng Sơn, thành viên (1 tháng), Nguyễn Thị Hậu, thành viên (1,4 tháng), Nguyễn Thị Diệu Thu, kỹ thuật viên (1 tháng)	Các bảng số liệu, hình vẽ, đồ thị về giao nhau BCS-BEC
4	Hoạt động đề tài 1: Viết bài báo đăng tạp chí trong nước, quốc tế			
4.1	Công việc 4.1: Viết bài báo về nội dung nghiên cứu 1.	(tháng thứ 13, tháng thứ 24)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm, Nguyễn Thị Hậu	- 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín - 01 bài báo trên tạp chí trong nước
4.2	Công việc 4.2: Viết bài báo về nội dung nghiên cứu 2.	(tháng thứ 25, tháng thứ 35)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm	- 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín
4.3	Công việc 4.3: Viết bài báo về nội dung nghiên cứu 3.	(tháng thứ 25, tháng thứ 35)	Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Hồng Sơn	- 01 bài báo trên tạp chí quốc tế uy tín
5	Hoạt động đề tài 2: Tham gia hội nghị trong nước, quốc tế			

5.1	Công việc 5.1: Tham gia hội nghị lần 1	(tháng thứ 9, tháng thứ 13)	Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Hồng Sơn, Nguyễn Thị Hậu	Báo cáo hội nghị
5.2	Công việc 5.2: Tham gia hội nghị lần 2	(tháng thứ 21, tháng thứ 25)	Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Thị Hậu	Báo cáo hội nghị
5.3	Công việc 5.3: Tham gia hội nghị lần 3	(tháng thứ 32, tháng thứ 36)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm	Báo cáo hội nghị
6	Hoạt động đề tài 3: Báo cáo định kỳ			
6.1	Công việc 6.1: Báo cáo định kỳ lần 1	(tháng thứ 13, tháng thứ 14)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm	Bản báo cáo định kỳ
6.2	Công việc 6.2: Báo cáo định kỳ lần 2	(tháng thứ 25, tháng thứ 26)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm	Bản báo cáo định kỳ
7	Hoạt động đề tài 4: Báo cáo tổng kết, nghiệm thu đề tài	(tháng thứ 30, tháng thứ 36)	Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm	Bản báo cáo tổng kết đề tài

7. Kết quả đề tài

7.1. Dự kiến kết quả nghiên cứu

- Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ chỉ rõ bản chất lượng tử cũng như tính chất tô pô của trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng. Khi spin của hạt tải cũng như tương tác spin-quỹ đạo và ảnh hưởng của từ trường ngoài được kể tới trong điều kiện phi cân bằng thì bức tranh ngưng tụ exciton thu được từ kết quả nghiên cứu sẽ rất gần với điều kiện thực. Kết quả vì vậy sẽ mô tả rõ hơn thực tế bản chất cạnh tranh trạng thái ngưng tụ exciton với những cấu hình spin khác nhau của hạt tải cũng như những tính chất tô pô của hệ bán kim loại/bán dẫn.

- Hơn nữa, với việc mô tả kỹ lưỡng những tính chất động của trạng thái ngưng tụ, bức tranh truyền dẫn, các tín hiệu phổ, thăng giáng trạng thái lượng tử kết hợp hay những trạng thái kích thích năng lượng thấp trong điều kiện phi cân bằng sẽ được chỉ rõ. Kết quả của những nghiên cứu này sẽ cho ta thấy bức tranh truyền dẫn trọn vẹn hơn của hệ ngưng tụ khi có trật tự tô pô trong hệ bán kim loại/bán dẫn.

- Kết quả của đề tài sẽ là rất mới, có ý nghĩa khoa học cao thu hút sự quan tâm lớn của cộng đồng Vật lý khi mô tả chi tiết trạng thái lượng tử kết hợp của exciton và giả hạt boson nói chung trong điều kiện phi cân bằng có tính chất tô pô ở các vật liệu bán kim loại/bán dẫn. Các kết quả thu được sẽ đóng vai trò quan trọng thúc đẩy hướng nghiên cứu mới, hiện đại. Chúng tôi tin tưởng những kết quả của đề tài có thể được đăng trên những tạp chí uy tín hàng đầu trong ngành Vật lý.

7.2. Dự kiến kết quả công bố, đào tạo của đề tài:

Số TT	Kết quả công bố/ đào tạo	Số lượng	Ghi chú
1	Bài báo trên tạp chí quốc tế có uy tín	3	- Số bài báo trên tạp chí Q1: 02; Q2: 01 - Danh sách các tạp chí khoa học quốc tế nhóm nghiên cứu đề tài sẽ công bố: Physical Review Letters, Physical Review B, Europhysics Letters, Journal of Physics: Condensed Matter.
2	Bằng độc quyền sáng chế	0	
3	Bằng bảo hộ giống cây trồng	0	
4	Bằng độc quyền giải pháp hữu ích	0	
5	Bài báo trên tạp chí trong nước	1	Tạp chí chuyên ngành trong nước thuộc danh mục HĐ GSNN
6	Bài báo trên tạp chí quốc tế khác	0	
7	Báo cáo Hội nghị, hội thảo khoa học quốc tế, quốc gia	3	
8	Sách chuyên khảo	0	
9	Kết quả khác	0	
10	Đào tạo Nghiên cứu sinh	1	
11	Đào tạo học viên cao học	0	

7.3 Tác động xã hội của đề tài

Đề tài thuộc lĩnh vực nghiên cứu cơ bản, có tiềm năng đóng góp quan trọng vào sự phát triển của vật lý chất rắn hiện đại, đặc biệt trong các hướng nghiên cứu lý thuyết về trạng thái lượng tử kết hợp và đặc tính tô pô của hệ phi cân bằng. Thông qua việc xây dựng và phân tích các mô hình và phương pháp lý thuyết tiên tiến, đề tài góp phần nâng

cao năng lực nghiên cứu, đào tạo sau đại học, đồng thời tăng cường khả năng công bố quốc tế. Thành công của đề tài sẽ thúc đẩy tinh thần học thuật và đam mê khám phá khoa học cơ bản, đặc biệt tại các cơ sở giáo dục đại học và viện nghiên cứu trong nước. Kết quả của đề tài có thể đặt nền móng cho các ứng dụng trong công nghệ lượng tử, qua đó thúc đẩy quá trình hội nhập và phát triển khoa học – công nghệ với các nước phát triển trên thế giới.

8. Thông tin khác có liên quan

STT	Tên nhiệm vụ	Năm tài trợ / năm kết thúc	Kết quả chính tại thời điểm kết thúc tài trợ	Tác động, ý nghĩa của các kết quả tính đến thời điểm hiện nay
1	Nguồn NAFOSTED			
2	Nguồn ngân sách nhà nước khác			
2.1	Động học của chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại, bán dẫn - Đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số: B2021-MDA-14	2021/2022	- 02 bài báo tạp chí quốc tế (01-Q1 và 01-Q2) - 03 bài tạp chí trong nước thuộc danh mục HĐ GSNN - 01 bài đăng kỷ yếu Hội nghị trong nước có phản biện. - Hỗ trợ đào tạo 01 NCS - 02 sản phẩm ứng dụng (tài liệu tham khảo phục vụ giảng dạy và nghiên cứu chuyên sâu)	- Kết quả nghiên cứu được dùng làm tài liệu tham khảo phục vụ giảng dạy và nghiên cứu chuyên sâu về các lĩnh vực liên quan trong các trường Đại học, các Học viện có đào tạo đại học và sau đại học chuyên ngành vật lý lý thuyết và vật lý toán; các trung tâm nghiên cứu khoa học.
3	Nguồn khác			
3.1	Nghiên cứu chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn	2025/2026	Đang thực hiện	

	ảnh hưởng bởi sự mất cân bằng khối lượng - Đề tài cấp cơ sở, mã số: T25 - 19			
3.2	Nghiên cứu sự chuyển giao BCS – BEC trong dichalcogenide kim loại chuyển tiếp. - Đề tài cấp cơ sở, mã số: T17 - 38	2017/2018	- 02 Bài báo tạp chí trong nước thuộc danh mục HĐ GSNN - 02 Báo cáo Khoa học tại Hội nghị trong nước	- Kết quả nghiên cứu được dùng làm tài liệu tham khảo phục vụ giảng dạy và nghiên cứu chuyên sâu.

Tài liệu tham khảo

- [1] N. B. An, Phys. Status Solidi B **150**, 845 (1988).
- [2] V. Tinh, D. H. Nha, N. B. An, Int. J. Mod. Phys. B **14**, 91 (2000).
- [3] H. T. Dinh et al., Phys. Rev. B **111**, 035443 (2025) .
- [4] D.-N. Ly at al., Phys. Rev. B **107**, 155410 (2023).
- [5] D.-N. Ly at al., Phys. Rev. B **107**, 205304 (2023).
- [6] H. T. N.-Truong, Phys. Rev. B **105**, L201407 (2022); *ibid.* **107**, L201407 (2023).
- [7] V. K. Dien et al., Phys. Rev. B **108**, 205406 (2023).
- [8] V.-N. Phan and Q.-H. Ninh, Phys. Rev. B **103**, 125156 (2021).
- [9] T.-H.-H. Do, M.-T. Tran and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **106**, 035120 (2022).
- [10] T.-H.-H. Do and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **107**, 115106 (2023).
- [11] T.-H.-H. Do, T.-H. Nguyen and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **109**, 085105 (2024).
- [12] T.-H.-H. Do and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **110**, 235143 (2024).
- [13] T.-H. Nguyen, T.-H.-H. Do and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **111**, 245111 (2025).
- [14] H. Haug et al., Phys. Rev. B **89**, 155302 (2014).
- [15] T. D. Doan et al., Phys. Rev. B **102**, 165126 (2020).
- [16] K.W. Becker, H. Fehske, and V.-N. Phan, Phys. Rev. B **99**, 035304 (2019).
- [17] H.-S. Nguyen and M.-T. Tran, Phys. Rev. B **88**, 165123 (2013).
- [18] M.-T. Tran et al., Phys. Rev. B **93**, 155160 (2016); H.-S. Nguyen et al., Phys. Rev. B **94**, 125106 (2016); M.-T. Tran et al., Phys. Rev. B **105**, 155112 (2022).
- [19] T.-M.-T Tran et al., Phys. Rev. B **102**, 205124 (2020).
- [20] M.-T. Tran et al., Phys. Rev. B **105**, 155112 (2022).
- [21] X.-L. Qi and S.-C. Zhang, Rev. Mod. Phys. **83**, 1057 (2011); M. Z. Hasan and C. L. Kane, Rev. Mod. Phys. **82**, 3045 (2010); J. Wang and S.-C. Zhang, Nat. Mater. **16**, 1062 (2017).

- [22] D. Varsano et al., Nat. Nanotechnol. **15**, 367 (2020).
- [23] J. C. Budich et al., Phys. Rev. Lett. **112**, 146405 (2014).
- [24] D. I. Pikulin and T. Hyart, Phys. Rev. Lett. **112**, 176403 (2014).
- [25] L. Du et al., Nat. Commun. **8**, 1971 (2017).
- [26] F. Xue and A. H. MacDonald, Phys. Rev. Lett. **120**, 186802 (2018).
- [27] Q. Zhu et al., Sci. Adv. **5**, 6120 (2019).
- [28] B. Seradjeh et al., Phys. Rev. Lett. **103**, 066402 (2009).
- [29] R. Wang et al., Nat. Commun. **10**, 210 (2019).
- [30] Y. Jia et al., Nat. Phys. **18**, 87 (2022); Y.-Q. Wang et al., Phys. Rev. B **108**, 205420 (2023).
- [31] T. Morimoto and N. Nagaosa, Phys. Rev. B **94**, 035117 (2016).
- [32] Z.-R. Liu et al., Phys. Rev. B **103**, L201115 (2021).
- [33] X. Wang et al., Phys. Rev. B **109**, 115137 (2024).
- [34] E. Davari et al., Phys. Rev. B **109**, 075146 (2024).
- [35] H.-Y. Xie et al., PNAS **121**, e2401644121 (2024).
- [36] A. Osterkorn et al., arXiv:2410.22116 (2024).
- [37] Z. Liu et al., arXiv:2412.09305 (2024).
- [38] H. Zhang et al., Nat. Phys. **5**, 438 (2009).
- [39] Y. L. Chen et al., Science **325**, 178 (2009).
- [40] M. G. Vergniory et al., Nature **566**, 480 (2019).
- [41] T. Zhang et al., Nature **566**, 475 (2019).
- [42] C. W. J. Beenakker, Ann. Rev. Condens. Mat. Phys. **4**, 113 (2013).
- [43] L. Lu et al., Nat. Photon. **8**, 821 (2014).
- [44] N. F. Mott Philos. Mag. **6**, 287 (1961).
- [45] C. Comte and P. Nozieres, J. Phys. (France) **43**, 1069 (1982).
- [46] K. Kim et al., Nat. Commun. **12**, 1969 (2021).
- [47] Y. Yuan et al., Nat. Commun. **10**, 185 (2019).
- [48] H.-Y. Xie et al., PNAS **121**, e2401644121 (2024).
- [49] R. Mori et al., Nature **614**, 249 (2023).
- [50] L. M. Licerán and H. T. C. Stoof, Phys. Rev. B **111**, 245102 (2025).
- [51] Z. D Shi et al., Phys. Rev. B **111**, 125154 (2025).
- [52] Z. Dong and Y.-H. Zhang, Phys. Rev. B **107**, L081101 (2023).
- [53] A. D. K. Finck et al., Phys. Rev. Lett. **104**, 016801 (2010).
- [54] H. Yang et al., Phys. Rev. B **109**, L201401 (2024).
- [55] A. Amaricci et al., Phys. Rev. B **107**, 115117 (2023).
- [56] C.-M. Jian et al., Phys. Rev. X **15**, 021063 (2025).

- [57] G. Wagner and T. Neupert, Phys. Rev. B **111**, 195143 (2025).
- [58] S. A. Moskalenko and D. W. Snoke, “Bose-Einstein Condensation of Excitons and Biexcitons”, Cambridge University Press (2010).
- [59] H. Deng et al., Rev. Mod. Phys. **82**, 1489 (2010).
- [60] A. Pertsova and A. V. Balatsky, Phys. Rev. B **97**, 075109 (2018).
- [61] R. Mori et al., Nature **614**, 249 (2023).
- [62] R. Mori et al., PNAS **122**, e2422667122 (2025).
- [63] L. M. Sieberer et al., Rev. Mod. Phys. **97**, 025004 (2025).
- [64] Z. Sun et al., Phys. Rev. Lett. **133**, 217002 (2024).
- [65] Y. Murakami et al., Phys. Rev. B **101**, 035203 (2000).
- [66] H.-Y. Xie et al., PNAS **121**, e2401644121 (2024)
- [67] X. Gu et al., Nat. Commun. **15**, 3345 (2024).
- [68] J. Huang et al., Phys. Rev. X **14**, 011046 (2024).
- [69] S. Kitamura and H. Aoki, Commun. Phys. **5**, 174 (2022) .
- [70] R. Wang et al., Nat. Commun. **10**, 210 (2019).
- [71] K. W. Becker et al., Phys. Rev. B **66**, 235115 (2002).
- [72] V.-N. Phan et al., Phys. Rev. B **81**, 205117 (2010).
- [73] M. H. Szymańska et al., Phys. Rev. Lett. **96**, 230602 (2006).
- [74] M. H. Szymańska et al., Phys. Rev. B **75**, 195331 (2007).
- [75] T. Fukui et al., J. Phys. Soc. Jpn. **74**, 1674 (2005).

9. Dự toán kinh phí thực hiện đề tài

9.1 Phương thức khoán chi thực hiện nhiệm vụ:

Khoán chi đến sản phẩm cuối cùng

Khoán chi từng phần **x**

9.2 Tổng kinh phí thực hiện: 1,336,000,000 đồng

Đơn vị: đồng

TT	Các khoản chi	Tổng kinh phí	Nguồn khác (ngoài Quỹ)	Dự toán kinh phí đề nghị Quỹ tài trợ					
				Kinh phí	Trong đó kinh phí được giao khoán	%	Yêu cầu cấp kinh phí theo tiến độ		
							Năm thứ 1 (50%)	Năm thứ 2 (30%)	Năm thứ 3 (20%)
1	Thù lao tham gia đề tài	1.211.200.000		1.211.200.000	1.211.200.000	90%	605.600.000	363.360.000	242.240.000
2	Vật tư, nguyên, nhiên vật liệu, dụng cụ	-		-	-		-	-	-
3	Sửa chữa, mua sắm, thuê tài sản (hoặc cơ sở vật chất, trang thiết bị)	-		-	-		-	-	-
4	Hội nghị, hội thảo, tọa đàm khoa học; công tác phí trong nước, hợp tác quốc tế (đoàn ra, đoàn vào)	49.800.000		49.800.000	49.800.000	4%	24.900.000	14.940.000	9.960.000
5	Dịch vụ thuê ngoài	-		-	-		-	-	-
6	Điều tra khảo sát, thu thập số liệu	-		-	-		-	-	-
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	8.200.000		8.200.000	8.200.000	1%	4.100.000	2.460.000	1.640.000
8	Chi quản lý chung	66.800.000		66.800.000	66.800.000	5%	33.400.000	20.040.000	13.360.000
9	Chi khác	-		-	-		-	-	-
	Cộng:	1.336.000.000	-	1.336.000.000	1.336.000.000	100%	668.000.000	400.800.000	267.200.000

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

TS Đỗ Thị Hồng Hải

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



GS. TS Trần Thanh Hải

PHỤ LỤC CÁC KHOẢN CHI PHÍ

1. Thù lao tham gia đề tài (được giao khoán): 1.211.200.000 đồng, gồm các khoản:

a) Thù lao cho các thành viên tham gia thực hiện đề tài

Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN) 40.000.000 đồng

Số TT	Nội dung công việc	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN})	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ
1	2	3	4	5	6	7=3x5x6
I	Xây dựng thuyết minh nhiệm vụ	Nội dung công việc này chủ nhiệm và thư ký khoa học của nhiệm vụ thực hiện, đã được tính trong thù lao của chủ nhiệm và thư ký khoa học, không tính thù lao riêng.				
II	Nội dung nghiên cứu					1.211.200.000
1	Nội dung nghiên cứu 1: Nghiên cứu bản chất lượng tử, trật tự tô pô của các trạng thái ngưng tụ exciton trong các hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng					313.600.000
1.1	Công việc 1.1: Đề xuất mô hình điện tử 2 mức năng lượng phụ thuộc spin trong từ trường có tương tác điện tử-lỗ trống, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba. Thiết lập giải tích hệ phương trình tự hợp xác định tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng dừng.				5	104.000.000
1.1.1	Thù lao thành viên chính				2	64.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	2	64.000.000
1.1.2	Thù lao nhóm thành viên				2	32.000.000
	PGS.TS. Phan Văn Nhâm	0,4	1	40.000.000	1	16.000.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	1	16.000.000
1.1.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1	8.000.000
	NCS. Nguyễn Thị Hậu	0,2	1	40.000.000	1	8.000.000
1,2	Công việc 1.2: Lập trình tính số giải hệ phương trình tự hợp và tính số Chern trong giới hạn phi cân bằng dừng bằng phương pháp Fukui-Hatsugai-Suzuki.				5	104.000.000
1.2.1	Thù lao thành viên chính				1,5	48.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	1,5	48.000.000
1.2.2	Thù lao nhóm thành viên				3,5	56.000.000
	PGS.TS. Phan Văn Nhâm	0,4	1	40.000.000	1,5	24.000.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	2	32.000.000

Số TT	Nội dung công việc	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN})	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ
1	2	3	4	5	6	7=3x5x6
1,3	Công việc 1.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập sự phụ thuộc của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton và số Chern vào tương tác Coulomb, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba và từ trường.				5	105.600.000
1.3.1	Thù lao thành viên chính				1,5	48.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	1,5	48.000.000
1.3.2	Thù lao nhóm thành viên				3,6	57.600.000
	PGS. TS. Phan Văn Nhâm	0,4	1	40.000.000	1,6	25.600.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	2	32.000.000
2	Nội dung nghiên cứu 2: Nghiên cứu bức tranh động học, các kích thích năng lượng thấp của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng dừng					268.800.000
2.1	Công việc 2.1: Tính giải tích độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, hàm phổ đơn hạt, phổ phát xạ huỳnh quang của mô hình điện tử 2 mức năng lượng trong từ trường có tương tác điện tử-lỗ trống, tương tác điện tử-phonon, tương tác spin-quỹ đạo Rashba ở giới hạn phi cân bằng dừng				5,2	102.400.000
2.1.1	Thù lao thành viên chính				1,7	54.400.000
	PGS. TS. Phan Văn Nhâm	0,8	1	40.000.000	1,7	54.400.000
2.1.2	Thù lao nhóm thành viên				2,5	40.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,4	1	40.000.000	1,5	24.000.000
	NCS. Nguyễn Thị Hậu	0,4	1	40.000.000	1	16.000.000
2.1.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1	8.000.000
	ThS. Nguyễn Thị Diệu Thu	0,2	1	40.000.000	1	8.000.000
2,2	Công việc 2.2: Thiết lập chương trình tính số xác định sự phụ thuộc vào năng lượng của độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, các hàm phổ đơn hạt, phổ phát xạ huỳnh quang của mô hình điện tử 2 mức năng lượng trong giới hạn phi cân bằng dừng.				4,1	81.600.000
2.2.1	Thù lao thành viên chính				1,5	48.000.000
	PGS. TS. Phan Văn Nhâm	0,8	1	40.000.000	1,5	48.000.000

Số TT	Nội dung công việc	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN})	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ
1	2	3	4	5	6	7=3x5x6
2.2.2	Thù lao nhóm thành viên				1,6	25.600.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,4	1	40.000.000	1,6	25.600.000
2.2.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1	8.000.000
	ThS. Nguyễn Thị Diệu Thu	0,2	1	40.000.000	1	8.000.000
2,3	Công việc 2.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập các giản đồ, hình vẽ mô tả sự phụ thuộc vào năng lượng của độ dẫn quang, hàm cảm ứng động exciton, các hàm phổ, phổ phát xạ huỳnh quang của hệ điện tử 2 mức năng lượng trong giới hạn phi cân bằng dừng. Nhấn mạnh vai trò của trật tự tô pô.				4,4	84.800.000
2.3.1	Thù lao thành viên chính				1,4	44.800.000
	PGS. TS. Phan Văn Nhâm	0,8	1	40.000.000	1,4	44.800.000
2.3.2	Thù lao nhóm thành viên				2	32.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,4	1	40.000.000	0,9	14.400.000
	NCS. Nguyễn Thị Hậu	0,4	1	40.000.000	1,1	17.600.000
2.3.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1	8.000.000
	ThS. Nguyễn Thị Diệu Thu	0,2	1	40.000.000	1	8.000.000
3	Nội dung nghiên cứu 3: Phân tích bản chất đối xứng spin cũng như bức tranh giao nhau BCS-BEC của các trạng thái ngưng tụ exciton trong hệ bán kim loại/bán dẫn ở điều kiện phi cân bằng với các cấu hình spin đơn tuyến/tam tuyến cùng trật tự tô pô					254.400.000
3,1	Công việc 3.1: Thiết lập hệ phương trình tự hợp xác định sự phụ thuộc vào xung lượng của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton ứng với mỗi cấu hình spin của hạt tải, biểu thức giải tích mô tả cấu trúc xoáy và số Chern trong điều kiện phi cân bằng dừng.				4,1	84.800.000
3.1.1	Thù lao thành viên chính				1,2	38.400.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	1,2	38.400.000
3.1.2	Thù lao nhóm thành viên				2,9	46.400.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	1,5	24.000.000
	NCS. Nguyễn Thị Hậu	0,4	1	40.000.000	1,4	22.400.000

Số TT	Nội dung công việc	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN})	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ
1	2	3	4	5	6	7=3x5x6
3,2	Công việc 3.2: Lập trình tính số xác định sự phụ thuộc vào xung lượng của phần thực và phần ảo của tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton ứng với mỗi cấu hình spin dạng đơn tuyến và tam tuyến của cặp điện tử-lỗ trống trong điều kiện phi cân bằng dừng. Thiết lập chương trình tính số Chern bằng phương pháp Fukui-Hatsugai-Suzuki				4,6	81.600.000
3.2.1	Thù lao thành viên chính				1,2	38.400.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	1,2	38.400.000
3.2.2	Thù lao nhóm thành viên				2	32.000.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	2	32.000.000
3.2.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1,4	11.200.000
	ThS. Nguyễn Thị Diệu Thu	0,2	1	40.000.000	1,4	11.200.000
3,3	Công việc 3.3: Phân tích kết quả tính số, thiết lập các giản đồ, hình vẽ thể hiện bản chất đối xứng spin và giao nhau BCS-BEC của trạng thái ngưng tụ exciton phi cân bằng cùng với trật tự tô pô				4,7	88.000.000
3.3.1	Thù lao thành viên chính				1,3	41.600.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	0,8	1	40.000.000	1,3	41.600.000
3.3.2	Thù lao nhóm thành viên				2,4	38.400.000
	TS. Nguyễn Hồng Sơn	0,4	1	40.000.000	1	16.000.000
	NCS. Nguyễn Thị Hậu	0,4	1	40.000.000	1,4	22.400.000
3.3.3	Thù lao nhóm kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ				1	8.000.000
	ThS. Nguyễn Thị Diệu Thu	0,2	1	40.000.000	1	8.000.000
4	Thù lao của chủ nhiệm nhiệm vụ:					288.000.000
	TS. Đỗ Thị Hồng Hải	1	1	40.000.000	7,2	288.000.000
	(TL _{CN} = 1,0 x DM _{CN} x 20% x T)				(=20% x 36)	
5	Thù lao của thư ký khoa học:					86.400.000
	PGS. TS. Phan Văn Nhâm	0,3	1	40.000.000	7,2	86.400.000
	(TL _{TK} = 0,3 x DM _{CN} x 20% x T)				(=20% x 36)	

Số TT	Nội dung công việc	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN})	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7=3x5x6</i>
III	Xây dựng báo cáo tổng kết	Nội dung công việc này do chủ nhiệm và thư ký khoa học của nhiệm vụ thực hiện, đã được tính trong thù lao của chủ nhiệm và thư ký khoa học, không tính thù lao riêng.				
	TỔNG CỘNG					1.211.200.000

b) Thuê chuyên gia trong nước

TT	Nội dung công việc	Thời gian thực hiện (tháng)	Đơn giá tiền công theo tháng (đồng)	Tiền công (đồng)
1				-
Cộng				-

c) Thuê chuyên gia ngoài nước

TT	Nội dung công việc	Thời gian thực hiện (tháng)	Đơn giá tiền công theo tháng (đồng)	Tiền công (đồng)
1				-
Cộng				-

2. Vật tư, nguyên, nhiên vật liệu, dụng cụ:

TT	Tên vật tư, nguyên, nhiên vật liệu, dụng cụ	Quy cách kỹ thuật, đóng gói	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)	Trong đó kinh phí được giao khoán
1						-	
2						-	
3						-	
4						-	
5						-	
6						-	
7						-	
8						-	
9						-	
10						-	
11						-	
12						-	
13						-	
14						-	
15						-	
16						-	
17						-	
18						-	
19						-	
20						-	
Cộng:						-	-

3. Sửa chữa, mua sắm, thuê tài sản hoặc cơ sở vật chất, trang thiết bị (Không được giao khoán)

TT	Nội dung	Quy cách kỹ thuật, đóng gói	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1						-
2						-
3						-
4						-
5						-
6						-
7						-
8						-
9						-
10						-
11						-
12						-
13						-
14						-
15						-
16						-
17						-
18						-
19						-
20						-
Cộng:						-

4. Hội nghị, hội thảo, tọa đàm khoa học; công tác phí trong nước, hợp tác quốc tế

4.1. Hội nghị, hội thảo khoa học, tọa đàm khoa học (Được giao khoán):

TT	Nội dung	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1	Người chủ trì			0
2	Thư ký hội thảo, tọa đàm			0
3	Báo cáo trình bày tại hội thảo, tọa đàm khoa học			0
4	Báo cáo khoa học (không trình bày)			0
5	Thành viên tham dự			0
6	Nước uống			0
7	Chi khác			0
Tổng				0

4.2. Công tác phí trong nước (Được giao khoán):

TT	Khoản chi phí	Diễn giải			Thành tiền (đồng)
		Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	
A	Lần 1: Đi hội nghị, hội thảo - địa điểm dự kiến Tp Hồ Chí Minh, thay đổi tùy tình hình thực tế) (2 người)				16.600.000
1	Chi phí đi lại (2 người x 2 lần)	người	2	5.000.000	10.000.000
2	Thuê chỗ ở (2 người x 2 đêm)	người	4	450.000	1.800.000
3	Phụ cấp lưu trú (2 người x 3 ngày)	người	6	200.000	1.200.000
4	Chi phí khác (lệ phí tham dự)		2	1.800.000	3.600.000
B	Lần 2: Đi hội nghị, hội thảo - địa điểm dự kiến Đà Nẵng, thay đổi tùy tình hình thực tế) (2 người)				16.600.000
1	Chi phí đi lại (2 người x 2 lần)	người	2	5.000.000	10.000.000
2	Thuê chỗ ở (2 người x 2 đêm)	người	4	450.000	1.800.000
3	Phụ cấp lưu trú (2 người x 3 ngày)	người	6	200.000	1.200.000
4	Chi phí khác (lệ phí tham dự)		2	1.800.000	3.600.000
B	Lần 3: Đi hội nghị, hội thảo - địa điểm dự kiến Quy Nhơn, thay đổi tùy tình hình thực tế) (2 người)				16.600.000
1	Chi phí đi lại (2 người x 2 lần)	người	2	5.000.000	10.000.000
2	Thuê chỗ ở (2 người x 2 đêm)	người	4	450.000	1.800.000
3	Phụ cấp lưu trú (2 người x 3 ngày)	người	6	200.000	1.200.000

4	Chi phí khác (lệ phí tham dự)		2	1.800.000	3.600.000
Cộng:					49.800.000

4.3. Hợp tác quốc tế

a. Đoàn vào (Được giao khoán):

TT	Khoản chi phí	Diễn giải			Thành tiền (đồng)
		Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	
A	Lần 1: (Đoàn vào) nêu rõ nhu cầu đi lại (số lần, số người) công tác phục vụ nghiên cứu				-
1	Chi phí đi lại tại Việt Nam				-
2	Thuê chỗ ở				-
3	Chi tiền ăn hằng ngày				-
4	Chi phí khác				-
B	Lần 2: (Đoàn vào) nêu rõ nhu cầu đi lại (số lần, số người) công tác phục vụ nghiên cứu				
Cộng:					-

b. Đoàn ra (Không được giao khoán):

TT	Khoản chi phí	Diễn giải			Thành tiền (đồng)
		Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	
A	Lần 1: Đi công tác tại (tên địa điểm) nêu rõ nhu cầu đi lại (số lần, số người) công tác phục vụ nghiên cứu				-
1	Chi phí đi lại				-
2	Thuê chỗ ở				-
3	Phụ cấp lưu trú				-
4	Lệ phí Visa				-
5	Bảo hiểm				-
6	Chi phí khác				-
B	Lần 2: Đi công tác tại (tên địa điểm) nêu rõ nhu cầu đi lại (số lần, số người) công tác phục vụ nghiên cứu				
Cộng:					-

5. Dịch vụ thuê ngoài (Được giao khoán)

TT	Dịch vụ thuê ngoài	Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1					-
					-
					-
					-
					-
Cộng:					-

6. Điều tra, khảo sát thu thập số liệu (Được giao khoán):

TT	Nội dung	Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Cộng:					-

7. Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn (Được giao khoán):

TT	Nội dung	Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1	Giấy A4	tập	10	100.000	1.000.000
2	Mực in	hộp	3	1.400.000	4.200.000
4	Photo tài liệu, báo cáo				3.000.000
Cộng:					8.200.000

8. Chi quản lý chung (Được giao khoán): (bằng 5% tổng dự toán kinh phí thực hiện đề tài nhưng tối đa không quá 300 triệu đồng)

Chi phí quản lý của tổ chức chủ trì: 66,800,000 (đồng)

9. Chi khác - liên quan trực tiếp đến triển khai thực hiện đề tài (Được giao khoán):

TT	Nội dung	Đơn vị	Số lượng	Định mức/ đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1					-
2					-
Cộng					-