

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор ННЦ «ХФТІ»

Микола ШУЛЬГА

« 30 »

2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
Застосування ядерної фізики в медицині
Назва навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Доктор філософії

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

104 фізика та астрономія

освітня програма

освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»

спеціалізація

«Радіаційна фізика та ядерна безпека»;
«Фізика твердого тіла»; «Теоретична фізика»;
«Фізика плазми»; «Фізика пучків заряджених частинок»

вид дисципліни

Дисципліна за вільним вибором аспіранта

Інститут

Національний Науковий Центр
«Харківський Фізико-Технічний Інститут»

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ННЦ ХФТІ

Від “29” 11 2022 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Старший науковий співробітник Інституту високих енергій
та ядерної фізики ННЦ ХФТІ НАН України, к.ф.-м.н.

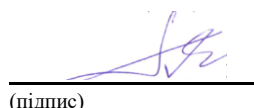


Степан КАРПУСЬ

Програму схвалено на засіданні Науково-технічної ради Інституту
високих енергій та ядерної фізики ННЦ ХФТІ

від “03” 08 2022 року, протокол № 3

Директор ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ

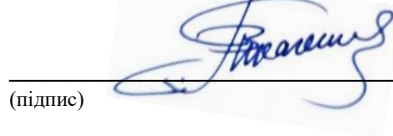

(підпис)

професор Григорій КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Фізика та астрономія»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Фізика та астрономія»


(підпис)

професор Віктор ТКАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Вступ

Дисципліна «Застосування ядерної фізики в медицині» є частиною професійної підготовки аспірантів за вибором ННЦ ХФТІ за напрямом 10 Природничі науки, за спеціальністю – 104 фізика і астрономія, яка викладається протягом третього року навчання. В курсі вивчаються основні положення ядерної фізики на яких ґрунтується застосування її методів в сучасній медицині (якісна діагностика чи лікування захворювань).

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою дисципліни «Застосування ядерної фізики в медицині» є ознайомлення аспірантів із застосуванням методів ядерної фізики як для медичної візуалізації, яка використовує невелику кількість радіоактивного матеріалу для діагностики та визначення тяжкості різних захворювань, так і для лікування цих виявлених недуг шляхом використання тих же методів ядерної фізики.

1.1 Основні завдання вивчення дисципліни:

надати аспірантам уявлення про застосування способів діагностики та лікування в медицині, що базується на використанні методів ядерної фізики.

В результаті вивчення курсу аспірант(студент) повинен **знати** ядерно - фізичні методи та матеріали в медицині, характеристики та засоби їх застосування, а саме:

- типи іонізуючого випромінювання та їх властивості;
- основні фізичні механізми взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними об'єктами; механізми дії радіації на біологічно важливі макромолекули;
- основні типи біофізичних моделей радіобіологічних ефектів;
- вплив іонізуючого випромінювання на організм людини; особливості дії підвищених доз радіації на організм та пролонгованого хронічного впливу невеликих доз радіаційного випромінювання.
- фізичні основи і методи, що лежать в основі розробки та застосування сучасних медичних методик та обладнання, що використовує ядерні випромінювання.

Вміти розробити, спланувати хід та виконання ядерно-фізичних експериментів з використанням пучків прискорених заряджених частинок та потоків нейтральних частинок виходячи з поставлених завдань фундаментально-прикладних досліджень взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною:

- здійснювати розрахунки величин потоку та доз іонізуючого випромінювання та аналізувати особливості взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною;
- вирішувати фізичні проблеми при створенні та використанні сучасного високотехнологічного прискорювального обладнання, що

використовується для керованої генерації, реєстрації та використання іонізуючого випромінювання для вирішення задач в ядерній медицині.

- вирішувати фізико-математичні проблеми при створенні та використанні сучасного обладнання для ядерної медицини;
- оцінити можливості кожного з видів прискорювачів в області ядерної медицини;
- вибрати потрібний режим опромінення досліджуваних об'єктів та оцінити чи передбачити можливий ефект від обробки біологічних об'єктів.
- розрахувати дозу опромінення; оцінити температурний ефект та можливу активацію зразків опромінення.
- конструювати допоміжні пристрої, необхідні для забезпечення потрібного режиму опромінення.

1.2. Формування наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей:

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК02. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних застосувань, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

СК10 Компетентність у сфері фізики взаємодії частинок високих енергій із речовиною.

СК14 Компетентність у сфері радіаційного матеріалознавства.

СК20 Компетенція у сфері фізики пучків заряджених частинок.

СК23 Компетенція у сфері дозиметрії випромінювань, основах ядерної безпеки та джерел іонізуючого випромінювання.

СК24 Компетенція у сфері радіаційних пошкоджень в речовині.

СК25 Компетенція у сфері ядерних взаємодій, проходження частинок та випромінювань крізь речовину.

Знання методів наукових досліджень та *вміння* їх використовувати на належному рівні; *вміння* розшукувати, опрацьовувати, аналізувати та синтезувати отриману інформацію (наукові статті, науково-аналітичні матеріали, бази даних тощо).

Уміння здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.

Компетенція у сфері застосування ядерної фізики в медицині. Компетенція у сфері дозиметрії випромінювань, основах ядерної безпеки та джерел іонізуючого випромінювання. Компетенція у сфері радіаційних пошкоджень в речовині. Компетенція у сфері ядерних взаємодій, проходження частинок та випромінювань крізь речовину.

1.3. Кількість кредитів – 2.

1.4. Загальна кількість годин – 60.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни:

Опис навчальної дисципліни «Застосування ядерної фізики в медицині»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 – Природничі науки
напрямок підготовки	104 – фізика та астрономія
спеціальність	
освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Дисципліни за вільним вибором аспіранта
Загальна кількість годин	60
Кількість кредитів ECTS	2
Кількість змістових модулів	1
Форма контролю	залік
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	III
Лекційні заняття	16
Практичні заняття	8
Самостійна робота	34
Консультації	2

1.6. Заплановані загальні результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні:

Знати: ядерно-фізичні методи та матеріали в медицині, характеристики та засоби їх застосування.

Вміти: оцінювати дію іонізуючого випромінювання при діагностиці та лікуванні, визначати вид та його наслідки використання; вільно спілкуватися з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому.

Відповідати наступним програмним результатам навчання:

РН23 Уміти розраховувати кількісні характеристики ядерних реакцій; визначати параметри транспорту частинок та випромінювання крізь речовину.

РН24 Уміти оцінювати характеристики пошкоджень, розраховувати характерні довжини проникнення, та параметри вторинного випромінювання.

РН25 Уміти розпізнавати і оцінювати впливи радіації на біологічні об'єкти, устаткування та методики визначення впливу радіації на біологічні об'єкти.

РН26 Уміти виконувати розрахунки поля випромінювання та дозиметричних величин для різних видів випромінювання.

РН28 Уміти визначати активність ізотопів та їх сумішей; визначати інтенсивності ядерних випромінювань

РН30 Уміти використовувати сучасні комп'ютерні коди для моделювання ядерно-фізичних процесів.

РН31 Уміти оцінювати дію ядерно - фізичних препаратів, визначати вид та наслідки використання препаратів.

РН32 Уміти обирати види прискорювачів для дослідження властивостей матеріалів під випромінюванням, визначати характеристики опромінення.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Застосування ядерної фізики в медицині**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при виконанні всіх умов проходження курсу дисципліни є необхідним для розширення можливостей аспірантів для практичного використання методів та знань з ядерної фізики у суміжних галузях науки, а саме медицині.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни «**Застосування ядерної фізики в медицині**» аспіранти мають використовувати знання та набуті навички експериментально-дослідної роботи під час вивчення курсів, ядерної фізики, радіаційних та ядерних технологій виробництва, фізики прискорювачів заряджених частинок, ядерних реакторів та їх використання для фундаментально-прикладних досліджень, експериментальні методи ядерної та радіаційної фізики.

2. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Проведення лекційних занять націлено на донесення загальних знань з використання ядерної фізики в медицині та сприяння розвитку у аспірантів аналітично-пошукової діяльності.

Заняття 1. Тема 1. Вступ. Актуальність проблеми.

План: Опис дисципліни. Історія ядерної медицини. Іонізуюче випромінювання. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Променева діагностика. Радіаційна терапія. Радіонуклідна діагностика і терапія. Ядерно-фізичні основи медичної діагностики.

Заняття 2. Тема 2. Будова атомного ядра, атомні та ядерні процеси.

План: Атом і атомне ядро. Явище радіоактивності. Види радіоактивного розпаду. Ядерні реакції. Види іонізуючих випромінювання. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Особливості взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічної тканинами.

Заняття 3. Тема 3. Вимірювання іонізуючого випромінювання та його біологічна дія.

План: Детектори іонізуючого випромінювання. Гамма-спектроскопія. Апаратура для створення зображень радіаційних полів. Рівні впливу іонізаційного випромінювання: молекулярний, клітинний та організм в цілому. Способи управління радіобіологічним ефектом. Фізична і біологічна дози. Доза при зовнішньому опроміненні організму. Еквівалентна доза при внутрішньому опроміненні. Норми радіаційної безпеки і санітарні правила.

Заняття 4. Тема 4. Сутність діагностичних методик.

План: Рентгенодіагностика та її методи. Сутність проекційної рентгенографія. Апаратура для рентгенівської діагностики. Рентгенівська комп'ютерна томографія: принципи, застосування. Особливості радіонуклідної діагностики: режими сканування, статичний та динамічний. Фармакокінетика. Ізотопи і радіо фармпрепарати (РФП) для радіонуклідної діагностики. Клінічні застосування РФП для діагностики.

Заняття 5. Тема 5. Емісійна томографія.

План: Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія. Принцип однофотонної емісійної комп'ютерної томографії. Радіонукліди і радіофармпрепарати для Оже-ефект. Позитронна емісійна томографія. Принцип двофотонної емісійної томографії. Апаратура для ПЕТ. Радіонукліди і радіофармпрепарати для ПЕТ.

Заняття 6. Тема 6. Сутність лікувальних методик. Променева терапія та брахітерапія.

План: Основні принципи променевої терапії. Рентгенівська і гамма-терапія. Фотон-захватна терапія. Клінічна променева терапія. Дозиметрія в рентгено- і гамматерапії. Сутність методу брахітерапії. Внутрішньо-порожнинне опромінення. Внутрішньотканинна брахітерапія. Аплікаційна терапія.

Заняття 7. Тема 7. Корпускулярна та радіонуклідна терапії.

План: Електронна та протонна терапія. Мезонна терапія. Іонна терапія. Нейтронна терапія. Радіотерапія на швидких нейтронах Нейтрон-захватна терапія. Методи радіонуклідної терапії. Радіонукліди та РФП для радіонуклідної терапії. Альфа-, бета – емітери та Оже-емітери. Наночастинки як носії радіонуклідів. Радіоімунна терапія. Особливості клінічного застосування радіотерапії.

Заняття 8. Тема 8. Методи виробництва радіонуклідів.

План: Виробництво ізотопів на ядерних реакторах, прискорювачах заряджених частинок. Методи синтезу РФП. РФП для сцинтиграфії та радіоімунного аналізу. РФП для позитронної емісійної томографії та радіонуклідної терапії.

2. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Тема лекції	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна робота	Консультації
1	Вступ. Актуальність проблеми.	6	2	-	4	-
2	Будова атомного ядра, атомні та ядерні процеси.	6	2	-	4	-
3	Вимірювання іонізуючого випромінювання та його біологічна дія.	6	2	-	4	-
4	Сутність діагностичних методик.	6	2	-	4	-
5	Емісійна томографія.	6	2	-	4	-
6	Сутність лікувальних методик. Променева терапія та брахітерапія.	6	2	-	4	-
7	Корпускулярна та радіонуклідна терапії.	12	2	4	5	1
8	Методи виробництва радіонуклідів.	12	2	4	5	1
	Всього	60	16	8	34	2

Загальний обсяг: 60 год., зокрема: лекцій – 16 год.; практичних/семінарів – 8 год., самостійної роботи – 34 год., консультацій – 2 год.

3. Тематичний план практичних та семінарських занять (8 год)

№ з/п	Тема	Години
1.	Повторення базових понять ядерної фізики	2
2	Особливості корпускулярної, променевої та радіонуклідної терапії	2
3	Методи виробництва радіонуклідів. Моделювання накопичення радіоізотопів за допомогою Medical Isotope Browser IAEA.	4
	Всього	8

4. Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи.

Мета: проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого та глибшого огляду тематики дисципліни з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, навчально-методичної бази ННЦ ХФТІ. Основою особливості організації самостійної роботи є навмисно представлений обмежений перелік літературних джерел без поділу та основну та рекомендовану. Даній підхід спонукає активізації пошукової діяльності студентів, розвивати навички комплексної роботи з літературними джерелами, проводити аналіз літературних джерел, систематизації отриманих знань та формування нових обґрунтованих пошукових запитів, метою яких є доповнення та розширення отриманих знань та понять.

Завдання: закріплення знань теоретичного курсу та набуття навичок опрацювання наукової літератури й нормативно правових актів (включно з on-line інформацією) тощо, відповідно до напрямку наукових досліджень.

5. Самостійна робота

№ з/п	Тема	Години
1.	Підготовка до навчальних занять	32
2.	Індивідуальні консультації з викладачем	2
	Всього	34

Завдання та вправи для самостійної роботи

1. Аналіз накопичення медичних ізотопів на пучках прискорених іонів.
2. Аналіз накопичення медичних ізотопів на потоках нейтральних частинок (нейтрони, гамма-кванти).
3. Аналіз взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною.

Запитання до заліку

1. Поняття дози при рентгенівській та радіонуклідній діагностиці.
2. Керовані джерела рентгенівського випромінювання.
3. Особливості рентгенодіагностика та принципи комп'ютерної рентгенівської томографії, шкала одиниць Гаунсфілда.
4. Контрастні речовини в комп'ютерній томографії.
5. Аналіз ланцюжка перетворення радону.
6. Назвіть особливості радіонуклідної діагностики.
7. Критерії вибору радіонукліда: загальні положення. Навести приклад.
8. Приклади ізотопних генераторів для ядерної медицини.
9. Основи отримання зображень за допомогою радіоізотопів.
10. Принципи роботи гамма-камери.
11. Назвіть основні стадії емісійної томографії.

12. Принцип однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (Оже-ефект)
13. Назвіть методи променевої терапії.
14. Особливості нейтрон-захватної терапії.
15. Особливості нейтронної терапії. Радіотерапія на швидких нейтронах
16. Іонна, мезонна, протонна, електронна терапія.
17. Джерела випромінювання в терапії.
18. Методи радіонуклідної терапії.
19. Радіонукліди і РФП для радіонуклідної терапії: альфа-, бета-радіонукліди.
20. Особливості використання наночастинок як носіїв радіонуклідів.
21. Способи виробництва радіоізотопів. Навести приклади.

5. Методи контролю

Передбачається проведення поточного контролю оцінювання знань та умінь студентів, шляхом контролю відвідування, опитування і нарахування відповідних балів, сума яких разом з отриманими балами на заліку як підсумкового контролю знань являє загальний результат оцінювання.

6. Схема нарахування балів

Мета і форми підсумкового контролю знань.

Підсумковий контроль знань здійснюється після проходження навчання за навчальною програмою «Застосування ядерної фізики в медицині» шляхом проведення заліку.

Кожне завдання для проведення заліку має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин. Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40. Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці.

Критерії складання заліку

Характеристика відповіді по варіанту	Максимальна кількість балів
Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді	30
Вірні відповіді на питання / додаткові питання	10
ВСЬОГО	40

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	за чотирирівневою шкалою оцінювання
90-100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

7. Критерії оцінювання

питань залікового білету (контрольної роботи)

Критерії оцінювання знань та вмінь аспірантів, умови визначення навчального рейтингу.

Рівень поточних знань студентів оцінюється відповідно до методики рейтингової оцінки. Сутність методики полягає у визначенні поточного рейтингу студента, що розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань та результатами самостійної роботи і накопичується протягом семестру.

Вид роботи	Обсяг за семестр	Максимальна кількість балів за виконану роботу
Теоретичне питання (просте)	10	Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бал. Всього за семестр – 10 бали.
Теоретичне питання (ускладнене)	12	Кожна правильна і змістовна відповідь - 4 бали. Всього за семестр – 12 балів
Проведення практичних робіт	20	Кожна виконана практична робота – 10 балів. Всього за семестр – 20 балів
Відвідування лекцій	14	Кожна відвідана лекція – 2 бал. Всього за семестр – 14 балів
Відвідування практичних робіт	4	Кожна відвідувана практична робота – 2 бал. Всього за семестр – 4 бали
Сукупний рейтинг		60 балів

8. Рекомендована література

1. Simon Cherry, James Sorenson, Michael Phelps. Physics in Nuclear Medicine. Elsevier. April 12, 2012. 544P
2. Selecting Megavoltage Treatment Technologies in External Beam Radiotherapy. IAEA Human Health Reports No. 17. 43P. 2022
3. Charged-particle cross section database for medical radioisotope production. <https://www-nds.iaea.org/medical/>

4. Alternative Radionuclide Production with a Cyclotron IAEA Radioisotopes and Radiopharmaceuticals Reports No. 4 69P 2021.
5. Electron accelerator for diagnostic medical isotopes production / Guk I. S., Kononenko S. G., Peev F. A., Tarasenko A. S. // The 3-rd International Conference Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy (NPAE-Kyiv2010, June 7 – 12, 2010), Kyiv, Ukraine, Book of Abstracts. Kyiv, 2010. P.137.
6. Д.С. Мечев. Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія – сучасний метод променевої діагностики. / Д.С. Мечев, О.В. Щербіна // Український радіологічний журнал. – 2006. - Т.14. - С. 194 - 200.
7. A.N. Dovbnya. Photonuclear technology development at NSC KIPT for medical radionuclide production. Ukrainian-German Symposium on Accelerators for Advances in Materials Science and Medical Radionuclide Production. 27-29.10.2009 / A.N. Dovbnya. / http://www.de-wiss-ua.diplo.de/Vertretung/ukraine-wirtschaftswoche_2009/uk/04/Zyklotron/download_programm,property=Daten.pdf
8. N.P. Dikiy. Electron accelerator based soft technology for medical imaging isotopes production. / N.P. Dikiy, A.N. Dovbnya, V.L. Uvarov. // Proceedings of EPAC 2002, Paris, France. - P. 2760 - 2762.
9. Electron accelerator's production of technetium-99m for nuclear medicine. / V.L.Uvarov, N.P.Dikiy, A.N.Dovbnya, Ye.P.Medvedyeva, G.D.Pugachov, Yu.D.Tur. // Proceedings of PAC97, 1997. - P.3840 - 3841.
10. Electron accelerator for diagnostic medical isotopes production. / I.S. Guk, S.G. Kononenko, F.A. Peev, A.S. Tarasenko. // The 3-rd International Conference Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy (NPAE-Kyiv2010) Book of Abstracts, June 7 – 12, 2010 Kyiv. - Ukraine, Kyiv. – 2010. - p.137.
11. ⁹⁹Mo and ⁶⁷Cu isotope yields under production conditions of NSC KIPT electron accelerator KUT-30. / N.I. Aizatsky, N.P. Diky, A.N. Dovbnya, D.Ehst, Yu.V. Lyashko, V.I. Nikiforov, A.Eh. Tennishev, A.V. Torgovkin, V.L. Uvarov, V.A. Shevchenko, B.I. Shramenko. // Problems of atomic science and technology, Series: Nuclear Physics Investigations (53). - 2010. - № 2. - P.140 - 144.
12. <https://www-nds.iaea.org/relnsd/isotopia/isotopia.html> Medical Isotope Browser.

13.

14. Матриця відповідності програмних компетентностей компонентам освітньої програми

	В504
ЗК01	
ЗК02	

3K03	+
CK01	+
CK02	+
CK03	
CK04	
CK05	
CK06	+
CK07	
CK08	
CK09	
CK10	+
CK11	
CK12	
CK13	
CK14	+
CK15	
CK16	
CK17	
CK18	
CK19	
CK20	+
CK21	
CK22	
CK23	+
CK24	+
CK25	+
CK26	
CK27	
CK28	

CK29	
CK30	
CK31	
CK32	

**Матриця забезпечення програмних результатів навчання (РН)
відповідними компонентами освітньої програми**

	ВБ04
PH01	
PH02	
PH03	
PH04	
PH05	
PH06	
PH07	
PH08	
PH09	
PH10	
PH11	
PH12	
PH13	
PH14	
PH15	
PH16	
PH17	
PH18	
PH19	
PH20	
PH21	
PH22	
PH23	+
PH24	+
PH25	+

PH26	+
PH27	
PH28	+
PH29	
PH30	+
PH31	+
PH32	+
PH33	
PH34	
PH35	
PH36	
PH37	
PH38	
PH39	
PH40	