नोबेल भौतिकी 2025:
टनेलिंग के साथ क्वांटम जगत को अनलॉक करना

UPSC प्रासंगिकता:

- **विज्ञान और प्रौद्योगिकी: क्वांटम भौतिकी, अतिचालकता (superconductivity), जोसेफसन जंक्शन (Josephson junctions), क्वांटम कंप्यूटिंग।**

चर्चा में क्यों?

भौतिकी में 2025 का नोबेल पुरस्कार जॉन क्लार्क, मिशेल डेवोरेट और जॉन मार्टिनिस को उनके **अग्रणी प्रयोगों** के लिए प्रदान किया गया, जिन्होंने **विद्युत सर्किट में क्वांटम टनेलिंग** का प्रदर्शन किया। उनके काम से वैज्ञानिकों को **क्वांटम कणों** को इस तरह से नियंत्रित और अध्ययन करने की अनुमति मिलती है जिसे पहले **असंभव** माना जाता था।

पृष्ठभूमि: क्वांटम क्षेत्र

क्वांटम जगत **अत्यंत सूक्ष्म** का क्षेत्र है - इलेक्ट्रॉन, परमाणु और उप-परमाणु कण। इस पैमाने पर:

- कण **शास्त्रीय भौतिकी** को धता बताते हैं, ऐसे तरीकों से व्यवहार करते हैं जो हमारे रोजमर्रा के अनुभव के लिए जादुई लगते हैं।
- एक अकेला कण **एक ही समय में कई अवस्थाओं** में मौजूद हो सकता है, अवरोधों के माध्यम से **सुरंग बना सकता है (tunnel)**, या तरंग जैसा व्यवहार प्रदर्शित कर सकता है।
- ये व्यवहार कंप्यूटर से लेकर स्मार्टफोन तक सभी आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक्स का आधार हैं।

विशेष रूप से, **क्वांटम टनेलिंग** सबसे अधिक दिमागी रूप से हैरान कर देने वाली घटनाओं में से एक है: एक कण एक ऐसे अवरोध से गुजर सकता है जिसे उसे पार करने में सक्षम नहीं होना चाहिए।

तुलना: कल्पना कीजिए कि आप एक ईंट की दीवार पर क्रिकेट की गेंद फेंकते हैं। सामान्य तौर पर, यह वापस उछलती है। लेकिन क्वांटम जगत में, कभी-कभी गेंद दीवार से सीधे **सुरंग बनाकर पार हो जाती है**, बिना किसी चीज को नुकसान पहुँचाए दूसरी तरफ दिखाई देती है। क्वांटम पैमाने पर कण इसी तरह व्यवहार करते हैं - **असंभव, फिर भी वास्तविक।**

प्रयोग: वैज्ञानिकों ने टनेलिंग का प्रदर्शन कैसे किया

इस तिकड़ी ने टनेलिंग का निरीक्षण और नियंत्रण करने के लिए एक **सरल विद्युत सर्किट** डिज़ाइन किया:

- **अतिचालक (Superconductors):**
  - उन्होंने दो अतिचालकों का उपयोग किया, ऐसी सामग्रियाँ जहाँ बिजली बिना किसी प्रतिरोध के प्रवाहित होती है।

- **जोसेफसन जंक्शन (Josephson Junction):**
    - अतिचालकों को गैर-संवाहक (non-conductive) सामग्री की एक पतली परत द्वारा अलग किया गया था।
    - सामान्य तौर पर, इस परत से कोई धारा प्रवाहित नहीं हो सकती।

- **क्वांटम ट्रिक:**
    - अतिचालक में कण एक साथ **एक विशाल कण** के रूप में कार्य करते हैं, जो पूरे सर्किट को भर देते हैं।
    - यह सामूहिक व्यवहार सर्किट को वोल्टेज के बिना भी विद्युत प्रवाह का **अनुकरण** करने की अनुमति देता है।

मूल रूप से, उन्होंने एक ऐसी स्थिति बनाई जहाँ क्वांटम टनेलिंग को **देखा और उसमें हेरफेर** किया जा सकता था।

यह क्यों मायने रखता है: विज्ञान और प्रौद्योगिकी

वैज्ञानिक महत्व:

- बड़े, नियंत्रणीय प्रणालियों में **क्वांटम प्रभावों** का प्रदर्शन करता है।
- भौतिकविदों को मौलिक क्वांटम यांत्रिकी को बेहतर ढंग से समझने में मदद करता है।
- अधिक सटीक क्वांटम सिमुलेशन के लिए मार्ग खोलता है।

तकनीकी महत्व:

- क्वांटम यांत्रिकी सभी डिजिटल प्रौद्योगिकी की नींव है।
- इस तरह के प्रयोग **क्वांटम कंप्यूटरों**, उन्नत सेंसरों और अगली पीढ़ी के इलेक्ट्रॉनिक्स के लिए महत्वपूर्ण हैं।
- जैसे शुरुआती क्वांटम अध्ययनों से ट्रांजिस्टर और सिलिकॉन चिप्स बने, वैसे ही यह कार्य **कल की प्रौद्योगिकियों** का आधार बन सकता है।

@resultmitra www.resultmitra.com 9235313184, 9235440806

क्वांटम जगत को महसूस करना

इस चमत्कार को सही मायने में समझने के लिए, **एक इलेक्ट्रॉन के आकार तक सिकुड़ने** की कल्पना करें:

- आपके चारों ओर की **"दीवारें" अब अवरोध नहीं हैं** - वे नरम सीमाएँ हैं, कभी वास्तविक, कभी पारगम्य।
- आपके आस-पास के छोटे कण टिमटिमाते हैं, अंदर-बाहर होते हैं, बाधाओं से गुजरते हैं, और कहीं और दिखाई देते हैं।
- वैज्ञानिक एक **ऑर्केस्ट्रा कंडक्टर** की तरह हैं, जो अनगिनत कणों को पूर्ण सामंजस्य में चलने के लिए मार्गदर्शन करते हैं, प्रकृति के उन रहस्यों को प्रकट करते हैं जिन्हें मानव आँख नहीं देख सकती।

क्वांटम टनेलिंग भौतिकी से कहीं अधिक है - यह संभावनाओं का एक काव्यात्मक प्रदर्शन है, जहाँ जो असंभव लगता है वह हमारी धारणा के नीचे, **चुपचाप और लगातार** हो सकता है।

भविष्य के लिए निहितार्थ

- **क्वांटम कंप्यूटिंग:** टनेलिंग डिवाइस **क्यूबिट्स** (क्वांटम कंप्यूटर का दिल) के लिए महत्वपूर्ण बिल्डिंग ब्लॉक हैं।
- **उन्नत सेंसर:** अतिचालक सर्किट पर आधारित उपकरण **अल्ट्रा-छोटे चुंबकीय क्षेत्रों** का पता लगा सकते हैं।
- **ऊर्जा और इलेक्ट्रॉनिक्स:** क्वांटम प्रणालियों पर बेहतर नियंत्रण अधिक कुशल इलेक्ट्रॉनिक्स और ऊर्जा प्रणालियों को जन्म दे सकता है।

क्लार्क, डेवोरेट और मार्टिनिस का काम सिद्धांत से अनुप्रयोग तक एक पुल है, जो दर्शाता है कि क्वांटम की विचित्रता को वास्तविक दुनिया की प्रौद्योगिकियों के लिए **उपयोग** किया जा सकता है।

निष्कर्ष

2025 का नोबेल पुरस्कार न केवल वैज्ञानिक सरलता का जश्न मनाता है, बल्कि प्रकृति की सुंदरता और रहस्य का भी जश्न मनाता है। क्वांटम टनेलिंग हमें याद दिलाती है:

- ब्रह्मांड जितना दिखता है, उससे कहीं अधिक **विचित्र** है।
- क्वांटम यांत्रिकी जैसे सदी पुराने सिद्धांत भी अभी भी नए आश्चर्य प्रकट कर सकते हैं।
- मानवीय जिज्ञासा और प्रयोग असंभव को वश में कर सकते हैं, कल्पना को प्रौद्योगिकी में बदल सकते हैं।

यह शोध एक गहरे सत्य को रेखांकित करता है: सबसे छोटे पैमानों पर, प्रकृति अनंत संभावनाओं का एक खेल का मैदान है, और इसकी हमारी समझ **हमारे रहने के तरीके में क्रांति** ला सकती है।

UPSC प्रीलिम्स-अभ्यास प्रश्न:

प्रश्न 1: 2025 के नोबेल पुरस्कार विजेताओं द्वारा प्रदर्शित **क्वांटम टनेलिंग** के संबंध में निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

1. क्वांटम टनेलिंग कणों को उन अवरोधों से गुजरने की अनुमति देती है जिन्हें वे शास्त्रीय रूप से पार नहीं कर सकते।
2. इसे रोजमर्रा की स्थूल (macroscopic) वस्तुओं में सीधे देखा जा सकता है।
3. यह प्रयोग **अतिचालक सर्किट (superconducting circuits)** और **जोसेफसन जंक्शन (Josephson junctions)** का उपयोग करके किए गए थे।

विकल्प:

A) केवल 1 और 2
B) केवल 1 और 3
C) केवल 2 और 3
D) उपरोक्त सभी

उत्तर: B) केवल 1 और 3

प्रश्न 2: नोबेल पुरस्कार विजेता प्रयोगों में उपयोग किए गए **जोसेफसन जंक्शन** का सबसे अच्छा वर्णन कैसे किया जाता है?

A) एक अतिचालक सामग्री जो बिना किसी प्रतिरोध के धारा का संचालन करती है।

B) दो अतिचालकों के बीच एक पतली गैर-संवाहक (non-conductive) परत जो क्वांटम टनेलिंग की अनुमति देती है।

C) धारा को प्रवर्धित (amplify) करने के लिए इस्तेमाल किया जाने वाला एक अर्धचालक उपकरण।

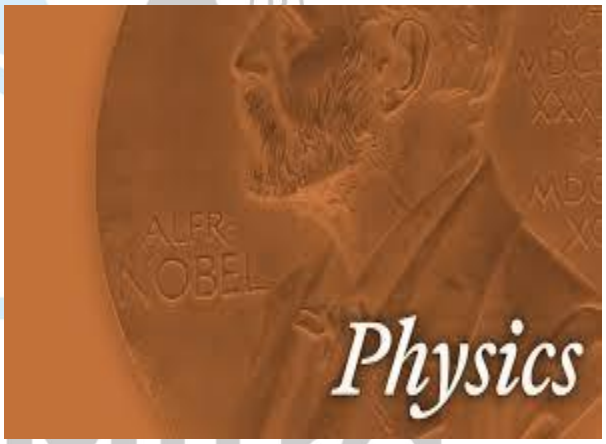
D) एक चुंबकीय सामग्री जो उच्च तीव्रता वाले क्षेत्र उत्पन्न करती है।

उत्तर: B) दो अतिचालकों के बीच एक पतली गैर-संवाहक परत जो क्वांटम टनेलिंग की अनुमति देती है।

IAS-PCS Institute

प्रश्न 3: क्लार्क, डेवोरेट और मार्टिनिस के शोध के संभावित अनुप्रयोगों में निम्नलिखित में से कौन से शामिल हैं?

1. क्वांटम कंप्यूटिंग
2. उन्नत सेंसर
3. शास्त्रीय ट्रांजिस्टर-आधारित इलेक्ट्रॉनिक्स
4. ऊर्जा-कुशल इलेक्ट्रॉनिक उपकरण



विकल्प:

A) केवल 1, 2, और 4

B) केवल 1 और 3

C) केवल 2 और 3

D) उपरोक्त सभी

उत्तर: A) केवल 1, 2, और 4

Result Mitra
रिजल्ट का साथी

प्रश्न 4: भौतिकी में 2025 के नोबेल पुरस्कार के संदर्भ में, निम्नलिखित में से कौन सा कथन सही है?

A) प्रयोगों ने गति में व्यक्तिगत इलेक्ट्रॉनों को सीधे देखना संभव बना दिया।

B) **अतिचालक में कण सर्किट में सामूहिक रूप से एक एकल विशाल कण के रूप में कार्य करते थे।**

C) जोसेफसन जंक्शन अतिचालकों में किसी भी क्वांटम व्यवहार को रोकते हैं।

9235440806

D) क्वांटम टनेलिंग केवल एक सैद्धांतिक अवधारणा है और इसे प्रयोगात्मक रूप से प्रदर्शित नहीं किया जा सकता है।

उत्तर: B) अतिचालक में कण सर्किट में सामूहिक रूप से एक एकल विशाल कण के रूप में कार्य करते थे।

प्रश्न 5: क्वांटम टनेलिंग का सही वर्णन करने वाला निम्नलिखित में से कौन सा सादृश्य (analogy) है?

A) एक क्रिकेट गेंद दीवार से उछलकर वापस आ जाती है क्योंकि वह उससे गुजर नहीं सकती।

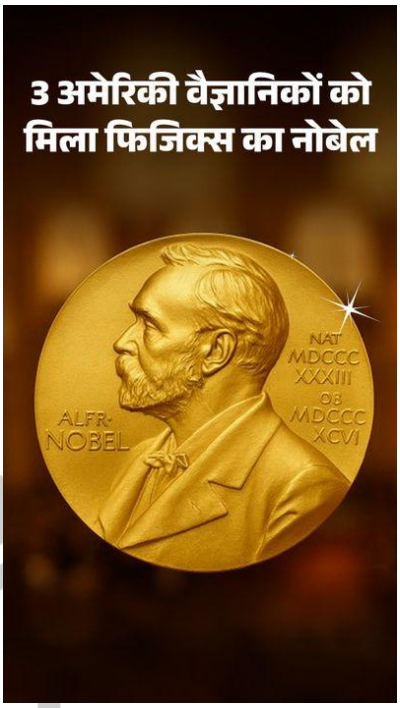
B) **शास्त्रीय अपेक्षाओं के बावजूद, एक क्रिकेट गेंद कभी-कभी बिना तोड़े दीवार के माध्यम से सुरंग बना लेती है।**

C) एक क्रिकेट गेंद उसे टुकड़ों में तोड़कर दीवार से गुजरती है।

D) दीवार से टकराने पर एक क्रिकेट गेंद पूरी तरह से गायब हो जाती है।

उत्तर: B) शास्त्रीय अपेक्षाओं के बावजूद, एक क्रिकेट गेंद कभी-कभी बिना तोड़े दीवार के माध्यम से सुरंग बना लेती है।

सामान्य अध्ययन प्रश्नपत्र III – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी / भौतिकी में नवीन विकास



प्रश्न: क्वांटम टनलिंग की अवधारणा और आधुनिक भौतिकी में इसके महत्व की व्याख्या कीजिए। अतिचालक परिपथों का उपयोग करते हुए 2025 के नोबेल पुरस्कार विजेता प्रयोगों के माध्यम से अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए। (150 शब्द)

IAS-PCS Institute
Result Mitra
रिजल्ट का साथी
@resultmitr 4, 9235440806