

VERSLAG

2019 AAPT Summer Meeting

Provo • Utah • USA



Jan Beks

*Met dank aan Teresa, die mij
tijdens het maken van de presentaties,
de reis,
en de conferentie
op inspirerende wijze vergezeld heeft.*

Voorwoord

Van 21 – 23 juli 2019 was ik met financiële ondersteuning van het Ioniserende Stralen Practicum in de gelegenheid om de 2019 AAPT Summer Meeting in Provo - Utah bij te wonen.

Het was voor mij al weer de derde deelname aan een AAPT Summer Meeting. De eerste deelname was in 2012 in Portland - Oregon en de vorige was in 2016 in Sacramento - California.

In 2012 was ik er op persoonlijk titel en presenteerde ik er een poster over de ontwikkeling van cognitieve tutores waaraan ik destijds aan het Petroleum Institute in Abu Dhabi - UAE mee heb mogen werken:

Cognitive Tutors for Studio Physics

In 2016 heb ik een posterpresentatie en een korte lezing gehouden over het Ioniserende Stralen Practicum getiteld:

Ionizing Radiation Experiments as a Mobile Lab

Tijdens de recente deelname heb ik de veiligheids- en medische aspecten van de ISP experimenten middels een posterpresentatie en een korte lezing belicht onder de titel:

Safety and Medical Context in an Ionizing Radiation Lab

Voor de duur van de conferentie was het voor mij weer heel interessant om mensen uit alle hoeken en streken van de VS te ontmoeten, hun posters te zien, hun lezingen te horen, en met elkaar van gedachten te wisselen.

24 december 2019

De conferentie

Maandag 21 juli

Tijdens de ochtendpauze in de tentoonstellingsruimte was het niet moeilijk de persoon met een nevelkamer over het hoofd te zien. Deed je dat wel dan werd je wel door hem aangesproken. Het was best indrukwekkend om te zien hoe hij met simpele middelen en met behulp van droogijs een heel duidelijk 3D-beeld in een fel verlichte zaal wist te creëren.

Mijn dag was echter al veel eerder begonnen. Namelijk om 8:30 uur met de eerste sessie lezingen die ik de avond ervoor in het korte programma-overzicht aangekruist had. Allen gingen over de geschiedenis van het gebruik van de computer in het onderwijs. Met de nadruk op het gebruik van de verschillende programmeertalen en welke speciale tegenwoordig in het natuurkundeonderwijs gebruikt worden. Het leverde al met al een stukje nostalgie op, welke heel erg benadrukt werd met de lezing van David Vernier van Vernier Software and Technologies over hoe hij de eerste simulaties voor natuurkunde schreef.

Voor de lunch gebruikte ik mijn tijd om de laatste puntjes op de i's te zetten voor mijn 8 minuten durende lezing die voor de maandagmiddag om 17:25 uur ingepland stond. Mijn lezing had nog wat aandacht nodig om deze soepel te laten verlopen.

Na de lunch bezocht ik een sessie getiteld: *Best Practices in Educational*



Technology. Ik had voor het middaggedeelte van 13:30-15:30 uur heel veel moeite om een sessie met geschikte lezingen te vinden. Dus koos ik maar voor een sessie waarin een deelnemer, die ik in 2016 in Sacramento had leren kennen, een lezing gaf. Zijn 25 minuten durende presentatie stond als volgt omschreven: *Implementing Video Games and Augmented/Virtual Reality in the Classroom.* Invited – David Rosengrant, University of South Florida, St. Petersburg, 140 7th Avenue South, Coquina 201, St. Petersburg, FL 33701; rosengrant@mail.usf.edu. *Technology is changing the way we teach our students. Thus, it is imperative that we also change how we teach our future science and physics teachers to incorporate this new technology. Video games serve as a natural motivator for many students as they are already interested in them. The engines must be realistic in order to make them believable. This provides us with a great opportunity to use them as a teaching tool if done properly. Augmented reality allows our students the ability to maintain a hands on environment while incorporating virtual technologies. Virtual reality gives us unprecedented freedom to make any topic or any concept come alive in our classroom. This presentation focuses on the success and opportunities as well as student responses to these technologies in the author's science courses as well as strategies and resources for participants to adopt with their instruction.* De lezing was interessant, maar ging helaas niet in op de gebruikte middelen en toegepaste technieken. Enkel de uitkomsten van het gebruik van video games, en virtual en augmented reality werden belicht. De lezing boeide echter niet genoeg om het voor mij interessant genoeg te maken om mij verder nog aan deze sessie te binden. Ik besloot mijn eigen lezing nog maar wat verder te perfectioneren.

Van 16:00-17:00 uur was er een plenaire lezing:

- ❖ Laura Greene, Nat'l High Magnetic Field Lab: *Correlated Electrons: The Dark Energy of Quantum Materials. The nearly 80-year-old correlated electron problems remain largely unsolved; with one stunning success being BCS electron-phonon mediated conventional superconductivity. There are dozens of families of superconductors that are unconventional including the high-Tc cuprates, iron-based, and heavy fermion superconductors. Although these materials are disparate in many properties, some of their fundamental properties are strikingly similar, including their ubiquitous phase diagram; with intriguing correlated-electron phases above the superconducting transition. These remain among the greatest unsolved problems in physics today; and a fun analogy stressing this will be presented.*

Een interessante lezing over onconventionele supergeleiders en het (frustrerende) onderzoek naar de oorsprong van die supergeleiding.

Om 17:15 uur: een grote zaal met ca. 300 zitplekken gevuld met een 15-tal mensen. Amerikanen, Mexicanen, Zuid-Afrikanen en een Nederlander. De ruimte was zeker veel te groot voor een dergelijke kleinschalige sessie. In deze onwennige setting was het als tweede spreker aan mij de beurt om iets over de veiligheidsaspecten en medische context in de door het ISP aangeboden experimenten te vertellen. Ondanks de enorme zaal en het kleine aantal aanwezigen was het heel fijn om te merken hoe iedere aanwezige aandachtig elke lezing volgde en dus ook mijn lezing. Zo was het heel leuk om aan het eind van mijn presentatie de vraag te krijgen waarom wij niet zoals bij experiment 15 ook bij experiment 10 de leerlingen de stralingsbelasting bij bijvoorbeeld een hartspieronderzoek met technetium 99-m laten berekenen. Ik gaf als antwoord dat bij experiment 10 die berekening gecompliceerder is dan bij experiment 15. Het gaf mij wel een idee om daar misschien toch eens nader naar te gaan kijken. Verder was het leuk om tijdens de sessie totaal uiteenlopende onderwerpen de revue te zien passeren:

- *Natural-based Pigments in Dye-Sensitized Solar Cells*
- *Just-in-time Teaching (JiTT) & Use of Mobile Devices in Active Learning*
- *Incorporating Data Visualization Technology into Astronomy Education Research*
- *Teaching Mars Exploration with a Landing Selection Activity*
- *Using Machine Learning to Understand Physics Graduate School Admissions*
- *A Controlled Study of Stereoscopic Virtual Reality in Freshman Electrostatics*

Na een korte adempauze was het om 18:45 uur tijd voor *Einstein! Celebrating 100 Years of General Relativity*. De voorstelling van Jack Fry werd in het programma als volgt omschreven: *Jack Fry's new solo show Einstein! explores Einstein's earlier years in war-torn Berlin as he struggles to prove his theory of General Relativity and prove his relativity as a father. This is the multi-award winning and critically acclaimed show that has over 150 performances under its belt. Albert Einstein comes to life as Jack Fry revitalizes one of the most intriguing icons of all time.* Voor mij een ontmoeting met een feit uit het leven van Einstein dat ik tot dan nog niet kende. Zijn immense



worsteling om zijn gedachtengoed over relativiteit bij zijn collega's geaccepteerd te krijgen en de haviken om hem heen die dat gedachtengoed graag tot het hunne wilden maken. Einstein kon de wiskundige onderbouwing van zijn theorie maar niet kloppend krijgen. Ook de zonsverduisteringen die hij wilde gebruiken voor het verzamelen van bewijzen wilden maar niet meewerken. En tegelijkertijd speelde zich de echtscheiding en de daaruit voortvloeiende verstandhouding met zijn zoon af. Een mooie voorstelling die op een unieke manier gebracht werd. Na de bijna twee uur durende voorstelling was er nog gelegenheid om Jack Fry enkele vragen te stellen.

Later tijdens de conferentie besepte ik dat ik een belangrijke poster tijdens de maandagavondpresentatie gemist had: *An Introductory Medical Physics Class Designed for Life Sciences Majors* – poster by Antoinette Stone, University of California, Merced, 6695 Tiffany CMN, Livermore, CA 94551; tstone3@ucmerced.edu. *The new general education class series at UC Merced is designed to guide first-year students in scholarly inquiry by providing opportunities to explore a specific topic, encouraging engagement with campus resources, supporting the development of research questions, and presenting original ideas through multiple forms of communication. A newly designed medical physics class formatted with this structure introduces students to physics principles used in the analysis, diagnosis and treatment of selected human disease processes. It offers a multidisciplinary approach for analyzing the role of physics in medicine. The course has great appeal to life science and pre-med majors and draws heavily from basic imaging physics, introducing topics such as x-ray production; the interaction of radiation with matter; nuclear medicine applications; computerized axial tomography scanning (CAT); positron emission tomography scanning (PET) and magnetic resonance imaging (MRI). This poster reports on the structure of several physics-in-medicine activities that are embedded in the course material.*

Ik heb een softcopy van de poster aangevraagd en ik hoop daarin voor ons nuttige informatie of ideeën te vinden.

Dinsdag 22 juli

Ik had voor deze dag heel veel moeite om een keuze uit het aanbod te maken. En dat kwam mede door het ontbreken van een uitgebreid programma. Ik miste titels en beknopte omschrijvingen van lezingen. Ik had de vorige twee bezochte conferenties de beschikking over een door AAPT gedrukt exemplaar van het uitgebreide programma. Zonder mij af te vragen of die misschien online aanwezig kon zijn, ging ik af op de sessietitels in het beknopte overzicht. Zo kwam ik om 8:30 uur bij een sessie over gravitatiegolven terecht. Hier en daar best specialistisch maar toch wel leuk om er meer over te horen en hoe de data verzameld en vervolgens gebruikt wordt. En wat er in de afgelopen 4 jaar verder aan ontwikkeling geweest is sinds de eerste meetgegevens.

In de ochtendpauze had ik een verhelderend gesprek met de mensen van Spectech, Spectrum Technologies, Oak Ridge, Tennessee. Zij leveren een/de bariumpgenerator. En wel de generator die ons heeft doen besluiten om de generator i.v.m. besmettingsgevaar niet meer te gebruiken. Ik was nieuwsgierig waarom zij hem in hun stand in de tentoonstellingsruimte toonden en dus ook gewoon verkopen. Ik vond het bizar. Ik heb hen dus gevraagd naar de veiligheid van de generator. Zij gaven aan dat deze veilig is. Waarop ik hen onze ervaringen en die van Frans Wiersma en zijn groep vertelde. De persoon van Spectech gaf te kennen dat er een serie geweest is die een slecht filter had en al na een paar keer elueren lekkages kon geven. Het filter is inmiddels aangepast en zij garanderen met het nieuwe filter een volledig veilige generator. Goed nieuws dat later tijdens mijn posterpresentatie in een gesprek met een docent van de University of the South, Sewanee, Tennessee werd bevestigd. Wanneer onze generatoren bij Spectech gekocht zijn dan gaan zij de filters kosteloos vervangen. Helaas is dat laatste na enkele e-mailwisselingen met de verantwoordelijke persoon niet waar gebleken en is de euforie die ik tijdens de conferentie had naderhand als een grote teleurstelling gestrand.

Na de lunch had ik blijkbaar andermaal een sessie gekozen die niet aan mijn verwachtingen voldeed en was het wachten op de plenaire lezing:

- ❖ Claire Gmachl, Princeton University: *Mid-Infrared Quantum Cascade Lasers and Applications. Quantum Cascade (QC) lasers are a rapidly evolving mid-infrared and THz semiconductor laser technology based on intersubband transitions in multiple coupled quantum wells. The lasers' strengths are their*

wavelength tailorability, high performance and fascinating design potential. They find primarily application in trace-chemical sensing for applications in environment and health. We will first give a brief introduction into QC lasers followed by a discussion of several recent highlights, such as the quest for high performance QC lasers and the implementation of unconventional laser schemes and new materials for intersubband devices. We will also briefly touch on several applications, such as field campaigns of QC laser-based sensing, and our recent work in non-invasive in vivo glucose sensing. The work presented has been conducted in collaboration with many valued colleagues in our own research group and across MIRTHE. Time permitting, I will present our recent efforts in tailoring introductory physics instructions for a diverse population of first-year engineering students. Over de ontwikkeling en het gebruik van deze generatie aanpasbare lasers. Vooral de toepassingen zijn interessant. Voor luchtkwaliteitsmetingen (in Afrika) en men is bezig met de ontwikkeling van een bloedsuikermeter waarbij er niet meer geprikt hoeft te worden.

De picknick die voor de dinsdagavond op het programma stond heb ik ook tijdens deze conferentie maar aan mij voorbij laten gaan. Een gelukkige keus aangezien ik nog geen tijd gevonden had om SUBZERO te bezoeken. "Stikstof" ijsjes niet ver van het conferentiegebeuren en met korting voor de AAPT-deelnemers.



Woensdag 23 juli

Vandaag stond van 10:15-11:00 uur mijn posterpresentatie op het programma. Omdat er voor die tijd alleen maar AAPT-commissies waren besloot ik ruim voor die tijd mijn poster op te hangen. En dat had direct effect. Er was ver voor 10:15 uur al belangstelling. Twee Chinese studenten besloten de poster aandachtig te lezen. Zij



waren vol ongeloof over het feit dat middelbare scholieren in Nederland een dergelijk practicum kunnen doen. Iets dat ondenkbaar is in China. We hebben uitvoerig gesproken over de zeer geringe risico's door de manier waarop het practicum is opgezet.

Tijdens de officiële tijdsduur had ik ook zeker niet te klagen over belangstelling. Ik mocht in totaal toch rekenen op een achttal docenten die belangstelling toonden. Allen docent in de VS. Met enkelen heb ik korte of langere tijd gesproken. Enkele van hen vertelden over de frustraties waarmee zij te maken hebben bijvoorbeeld omdat collega's het onderwerp niet zien zitten. Velen vonden de medische context een hele goede benadering. In alle gesprekken draaide het om de bewustwording m.b.t. de risico's en hoe relatief die zijn.

Ik had natuurlijk zelf ook al “stiekem” naar de andere posters gekeken. Een daarvan viel mij op: *Measuring the Activity of Radioactive Isotopes in Soil Using NaI Detector in the Advance Physics Lab* – poster by Rebekah Aguilar, California State Polytechnic University Pomona, 3801 W Temple Ave., Pomona, CA 91768-4031; <mailto:rsaguilar@cpp.edu>, Peter Siegel, Nina Abramzon, California State Polytechnic University Pomona. *Experiments involving nuclear radiation detection are routinely performed in the undergraduate physics curriculum. Common detectors found in many undergraduate institutions are sodium iodine (NaI) gamma detectors. These detectors are relatively inexpensive and are well suited for the teaching of basic spectroscopic techniques. For the study of environmental samples high resolution gamma detectors are ideal however these detectors are less common. We report on the use of NaI detectors to study environmental samples. Known decay products from the higher-end energy spectrum sources were used for calibration, gamma energy peaks that were measured include: 1440 keV for Potassium-40, 1764 keV for the Uranium-238, and 2614 keV for the Thorium-232 series. A secular equilibrium was used to assume that the activity of each isotope within their decay series were the same. Our results indicate that NaI detector can be used by students to measure the activity of radioactive isotopes in a soil.* Aan de hand van de gevonden energieën worden de aanwezige radioactieve stoffen in een grondmonster bepaald. Mijn gedachte ging natuurlijk direct uit naar experiment 17 van het ISP. Een klas zou een grondmonster kunnen verzamelen en een tweetal leerlingen zou kunnen kijken naar de aanwezigheid van radioactieve stoffen.

Ik vond de postersessie en mijn posterpresentatie heel geslaagd.

Voor de middag had ik nog een sessie uitgezocht met de volgende lezing: *Zoom Scale Explanations of Radiation Sickness: Learning Diagnostic? Learning Difficulty?* – contributed by Andy P. Johnson, Black Hills State University, 610 Nellie Ln., Spearfish, SD 57783; andy.johnson@bhsu.edu. Het was leuk om iets te horen over een stap voor stap aanpak met betrekking tot bewustwording van ioniserende straling en het (relatieve) gevaar en over de misconcepties die daarna nog steeds aanwezig kunnen zijn.

De lezing die daaraan vooraf ging vond ik echter leuker: *Using Daily “Bell Ringers” To Broach Nature of Science, Pedagogy, and Science Identity* – contributed by Steven J. Maier, Northwestern Oklahoma State University, 709 Oklahoma Blvd., Alva, OK 73717-2799; sjmaier@nwsu.edu. Misschien een heel leuk idee om aan het begin van een intro een “bell ringer” te gebruiken. Om aandacht te grijpen en een

misconceptie onder de aandacht te brengen.

Voor mij was de laatste plenaire lezing van 13:30-15:30 uur de afsluiting van de conferentie:

- ❖ *Hydrogen Cosmology: Observing the Dark Ages of the Universe from the Farside of the Moon*, by Jack Burns, NASA/SSERVI Network for Exploration & Space Science (NESS). *After the Cosmic Microwave Background photons decoupled from baryons, the Dark Ages epoch began: density fluctuations imprinted from earlier times grew under the influence of gravity, eventually collapsing into the first stars and galaxies during the subsequent Cosmic Dawn. In the Dark Ages, most of the baryonic matter was in the form of neutral hydrogen (HI), detectable via its ground state's "spin-flip" transition. This line's rest frame frequency (wavelength) of 1420 MHz (21-cm) arrives today highly redshifted to low radio frequencies (~100 MHz) due to cosmic expansion. A measurement of the redshifted 21-cm spectrum maps the history of the HI gas through the Dark Ages and Cosmic Dawn and up to the Epoch of Reionization, when the near absence of HI extinguished the signal. Recent reported observations by the Experiment to Detect the Global Epoch of Reionization (EoR) Signature (EDGES) claimed the detection of an absorption trough at 78 MHz (redshift $z \sim 17$), similar in frequency to expectations for Cosmic Dawn, but ~3 times deeper than was thought possible from standard cosmology and adiabatic cooling of HI. Interactions between baryons and slightly-charged dark matter particles with an electron-like mass provide a potential explanation of this difference but other cooling mechanisms are also being investigated to explain these results. The Cosmic Dawn trough is affected by the complex astrophysical history of the first luminous objects. Another trough is expected during the Dark Ages (at frequencies below 30 MHz), prior to the formation of the first stars and thus determined entirely by cosmological phenomena. I will describe the results of a NASA-funded concept study for the Dark Ages Polarimeter Pathfinder (DAPPER), operating in a low lunar orbit above the radio-quiet farside. DAPPER will use the Dark Ages trough to investigate divergences from the standard model and new physics such as heating or cooling produced by dark matter. DAPPER's science instrument consists of dual orthogonal dipole antennas and a tone-injection spectrometer/ polarimeter based on high heritage components from the Parker Solar Probe/FIELDS, THEMIS, and the Van Allen Probes. DAPPER will be deployed from the vicinity of NASA's Lunar Gateway and*

transfer to a frozen 50×125 km lunar orbit using a deep space spacecraft bus which has both high impulse and high delta-V. This orbit will facilitate the collection of radio-quiet data over a 26 month lifetime for the mission. This research was supported by NASA cooperative agreement 80NSSC19Ko141 and the NASA Solar System Exploration Research Virtual Institute cooperative agreement 80ARCo17M0006

- ❖ *WIMPs in the Sky, by Pearl Sandick, University of Utah. The question of the identity of dark matter is one of the most important outstanding puzzles in modern physics. Of the many potential explanations proposed, perhaps the most-studied is a new species of elementary particles called Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs). The properties of dark matter are being probed in a variety of ways, for example by terrestrial experiments buried deep underground as well as satellite experiments looking for signals from space. I'll discuss the prospects for "discovering" dark matter, focusing on the indirect detection technique, and how WIMPs may reveal themselves via signatures of their annihilation or decay in and around our Galaxy.*

Beide lezingen waren goed te volgen en vond ik ook heel interessant. De eerste over het onderzoek aan waterstof aan de achterkant van de maan om (nog) veel meer te weten te komen over de processen die na de Big Bang plaatsvonden. De tweede ging over donkere materie. De verdeelde meningen daarover en hoe sommige onderzoekers de eigenschappen ervan proberen te achterhalen.



Meegebrachte ervaringen

Voor het ISP:

- Het nieuwe filter in de bariumgenerator maakt de generator weer veilig. Moeten we de oude versie van experiment 10 heroverwegen?
- Kunnen we leerlingen de stralingsbelasting bij het gebruik van Tc-99m laten berekenen?
- Zouden wij bij experiment 17 onderzoek aan grondmonsters kunnen laten doen?
- Is er meer medische context te vinden in poster/powerpoint *An Introductory Medical Physics Class Designed for Life Sciences Majors*?

Voor mijzelf:

- Gebruik van bell ringers:

While implementing the Next Generation Physics and Everyday Thinking (NG PET) for elementary education majors, I have used “bell ringers” at the beginning of each class meeting. These bell ringers consist of puzzles, riddles, and logic problems that usually take just a few minutes for students to complete. The intention for using these bell ringers is help students develop a more accurate understanding of the nature of science, model effective pedagogy, and positively impact science identity. In this talk, I’ll present examples of activities used as bell ringers* and share preliminary results of a pilot study of students’ perceptions.

*To access the original “view only” document, browse to

<https://tinyurl.com/yyy5xvp2>

*To contribute to an editable document, browse to

<https://tinyurl.com/yylemppl>

- Just in time teaching:

JiTT (Just-in-Time Teaching) is a pedagogical strategy that uses feedback between classroom activities and work that students do at home, in preparation for the classroom meeting. I will share the ways I’ve been using JiTT and other active learning techniques in my classes. My focus will be on the use of mobile devices.

Kunnen leerlingen gemotiveerd raken door hen een vraag te stellen en hen de gelegenheid te geven het antwoord met hun mobiel op te zoeken?

Beide maken dan onderdeel uit van de intro waardoor de instructie wat korter zal moeten.

In ieder geval vind ik beide "binnenkomers" interessant genoeg om verder naar te kijken.

En dan waren er natuurlijk de presentaties over het ISP. En dan natuurlijk niet alleen het presenteren tijdens de conferentie maar ook het maken van de poster en de PowerPoint in de aanloop naar de conferentie. Heel veel dank gaat daarbij uit naar Ad Mooldijk en Rob van Rijn.

**Utrecht University**

Faculty of Science
Department
www.uu.nl/

SAFETY AND MEDICAL CONTEXT IN AN IONIZING RADIATION LAB CURRICULUM

Jan Beks, Ad Mooldijk, Rob van Rijn, Lukman Sofi
j.d.beks@uu.nl

Abstract

The Ionizing Radiation Lab (ISP) based at the University of Utrecht has provided visits with three mobile ionizing radiation labs to secondary schools for almost five decades now. From a selection of twenty two lab experiments, students learn about ionizing radiation. All experiments contain context about safety regarding ionizing radiation and students continuously are required to implement safety rules. We will describe and discuss the safety aspect with its eye-openers, and exposure awareness. Some years ago content in the Dutch Physics Ionizing Radiation curriculum started to move towards medical context. Why do hospitals choose generators to provide the radioactive substances in nuclear medicine? What is the exposure while an X-ray is taken? We will describe some particular experiments and discuss (i) how the experiments support the Dutch Physics curriculum, and (ii) how the experiments support medical context.

Keywords: radionuclides, ionizing radiation, experiments, physics curriculum, safety, medical context

SAFETY CONTEXT

Student Safety Instructions

As Low As Reasonably Achievable principle:

- minimized activity of the radiation source (kBq)
- maximized shielding of the radiation source (plexiglass or lead)
- maximized distance in respect to the radiation source with a minimum of 30 cm
- minimized time of exposure (only during collecting data)

Visual Conformations

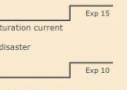
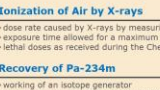
- lead sealed strong gamma ray sources
- plexiglass sealed beta ray sources
- various sealed multiple ray sources
- a double secured and sealed isotope generator
- lead (glass) sealed X-ray devices
- position of a source when measuring the background radiation

Safe Handling

- implementing short exposure times
- safe positioning may be checked by:
 - various source vs GM counter positions
 - a gamma ray exposure rate device

Possible Student Findings

- effect on exposure when using forceps vs fingers while handling a source
- minimum size of a cardboard box needed to reduce the intensity by 25000 times
- minimum layer of lead needed to reduce the equivalent dose by 8 times
- use of an X-ray apron with X-rays vs high energy gamma rays
- half-value thickness of water compared to lead
- number of half-value layers needed for a reduction in equivalent dose by 10 times
- proper disposal of an old smoke detection device containing Am-241
- different kinds of shielding and their layers required for different sources
- danger involved with external and internal alpha particles caused by Rn-220
- use of charged electroscopes for checking the proper sealing of an X-ray device



MEDICAL CONTEXT

Range of Alpha Particles in Air

Exp 1

- preferred use of protons above alpha particles in nuclear medicine

Universal Range of a Beta Particle

Exp 5

- maximum range of a specified beta particle in the human body
- significance of this particular beta particle in nuclear medicine

Ionization of Air by X-rays

Exp 15

- dose rate caused by X-rays by measuring a saturation current
- exposure time allowed for a maximum dose
- lethal doses as received during the Chernobyl disaster

Recovery of Pa-234m

Exp 10

- working of an isotope generator
- estimation and calculation of the recovery time of Pa-234m in a generator
- ultimate recovery time of a Tc-99m generator as used in nuclear medicine

Radioactive Decay of Pa-234m

Exp 20

- working of an isotope generator
- significance of using isotope generators for short half-life isotopes
- importance of using short half-life isotopes in nuclear medicine

Current Status

- With a stable number of 300+ schools the ISP reaches out to a majority of high school science track students in the Netherlands.
- With safety context in all 22 and medical context in some, the ISP offers a wide range of contextual ionizing radiation experiments.
- Minimized source activities do not always deliver desired results, but can be well used for clarifying discussion.
- The Radiant Week: a daily, week-long program on-site with a guided tour and an ISP lab for groups of high school science track students and teachers at four nuclear facilities, sponsored by Nuclear Nederland, an association of the six major nuclear companies and organizations in the Netherlands.

Future Development

- Medical context: further expansion of medical content by various masters students of science attending the Technical University Eindhoven (NL).
- Student PET scanner: development of a simple device based on a CERJ (CH) prototype.
- Citizen science: plans for a collaboration with interested schools and the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM-NL) to monitor ionizing radiation in the Netherlands, are under construction.

Freudenthal Instituut

Bright minds, better future

IONISERENDE STRALEN PRACTICUM

