圣母大学对非洲南非格贝哈2022年基础物理学与应用学校的贡献报告

Kenneth Cecire，物理与天文学系 QuarkNet 国家工作人员教师kcecire@nd.edu

Shane Wood，蒙兹维尤公立学校和圣母大学 QuarkNet 全国工作人员教师swood5@nd.edu

提交于2023年3月20日

摘要

从2022年11月26日至2022年12月12日，圣母大学旗下 QuarkNet 的工作人员 Shane Wood 和 Kenneth Cecire 前往南非，担任在格贝哈（伊丽莎白港）纳尔逊·曼德拉大学同期举办的2022年非洲基础物理与应用学校 [1] (ASP) 的讲师。ASP 每两年在不同的非洲国家举办一次，为期两到三周，面向非洲的研究生和高年级本科物理专业学生，旨在让他们接触所在院校可能较少提供的前沿物理学内容和分析技术。自2016年以来，ASP 增设了由高中教师与学习者项目组成的外展项目。Cecire 和 Wood 担任这些项目的协调员，同时还担任ASP 两门常规课程的讲师。（按照 ASP 的惯例，我们将用“学生”指称大学生，用“学习者”指称高中生。）他们在为期两周的参与期间发挥了非常积极的作用，也十分忙碌。此次任务取得了成功，既让教师、学习者和学生接触到新颖而令人振奋的理念，也建立了牢固的合作关系。

UNIVERSITY OF NOTRE DAME

African School of Fundamental Physics and Applications

关于圣母大学对2022年非洲物理学院的贡献报告

QuarkNet 简介 [2] h

自 ASP 2016 年在基加利举办时卢旺达政府提出增设这一项目以来，它一直是推动 ASP 外展项目的主要力量之一。此后，Cecire 一直参与 ASP 的这一工作，并见证了它在 ASP主任 Ketevi Assamagan（他如今也是布鲁克海文国家实验室的 QuarkNet 导师）和国际组织委员会的推动下不断发展壮大。

教师项目于2022年ASP的第一周举行，即11月28日至12月2日，为76名南非高中物理教师提供培训，他们几乎都来自南非东开普省。面向教师的课程分为两部分：一部分是与南非教育部物理科学课程要求[4] 相关的基础物理学，另一部分是强调粒子物理学的当代物理活动。Wood和Cecire主持了后者，这些活动以QuarkNet 数据活动集为基础。

在第二周，即12月5日至9日，Wood和Cecire开展了学员项目，每天上午为不同的学员群体举办一场为时三小时的工作坊。这些工作坊再次聚焦于基于QuarkNet数据活动集的当代物理学。重要的是，工作坊还安排了与ASP讲师的问答环节；这些讲师都是物理学家，其中大多数来自非洲。每天参加这些工作坊的都是不同的学员群体，每组约有50-100名学员。

值得注意的是，Wood 和 Cecire 在研讨会期间得到了 ASP讲师的协助，尤其是在第二周。这些讲师都是卓有成就的物理学家，他们补充了相关信息，影响了课程内容，回答了问题，并提供了诸多帮助。他们还为活动增添了真实性，因为他们能够与参与者直接讨论当代物理学研究与实践。

第二周的另一个特色是Wood和Cecire为ASP学生开设的两场实践课程。第一场于12月5日举行，是一场宇宙射线工作坊，学生们组装了QuarkNet宇宙射线探测器并采集数据，随后使用正在接受QuarkNet评估的小型Cosmic Watch探测器进行实验。第二场于12月8日举行，是一场ATLAS大师班，学生们分析了欧洲核子研究中心大型强子对撞机上的ATLAS探测器采集的事件，并研究了分析结果。

本报告将详细介绍上述活动，并提供非正式的评估意见和结论。

教师项目

日程安排. 日程　　下方图1中的ule表示教师项目的总体计划　　.

High School Teachers Program Details

	Nov 28	Nov 29	Nov 30	Dec 01	Dec 02
08:30-09:00	Guests of Honor addresses	News and Information			
09:00-10:30	100 Years of Physics & Future / plenary with students	Physics for Sustainable Development for students Newton's Laws for Teachers	Registration, curriculum discussion, and introductory activities / Electromagnetism / parallel with students	Neutrinos with MINERvA / parallel with students	Small detector Labs for teachers ATLAS or CMS masterclass measurement
10:30-11:00	BREAK				
11:00-12:30	Standard Model of Particle physics for students Energy and Power for Teachers	Standard Model of Cosmology for students Newton's 2nd Law for teachers	Review of and activities related to particle and astroparticle physics / Electrostatics / parallel with students	Higgs@10, part I/ parallel with students	Small Detector Labs for teachers Curriculum Connections and School Implementation
12:30-14:00	LUNCH				
14:00-15:30	Radiation Physics & particle interactions with matter for students Wave, sound and light for teachers	Basics of Accelerators for students Photoelectric effect for teachers	Muons with MINERvA Electricity / parallel with students	Higgs@10, part II/ parallel with students	Small Detector Labs for teachers
15:30-16:00	BREAK				
16:00-17:30	TEACHERS MAY LEAVE OR JOIN STUDENTS PROGRAM				
17:00-18:30	BREAK				
Evening Colloquia / Public lectures	TEACHERS AND THE GENERAL PUBLIC MAY ATTEND EVENING PUBLIC LECTURES				

图1. 高中教师项目活动安排。

11月28日和29日09:00的课程，要么是由ASP学生和教师共同参加的全体会议，要么是仅面向教师、与南非物理科学标准中物理学主题相关的课程。11月30日，原计划安排本地物理科学课程与当代物理学课程并行开展（标题为红色）；然而，教师及其指导人员决定在下午晚些时候增设课程，以便所有教师都能参加由Wood和Cecire主持的当代物理学课程。当代物理学课程于12月1日和12月2日继续进行。由于沟通失误，大多数教师原以为可以在12月2日返家，因此当天上午在Cecire和Wood所授课程进行的同时，为他们安排了两场可选的电子学课程。一些教师参加了第一场电子学课程，但到第二场课程时，几乎所有人都已启程回家。12月2日的当代物理学课程安排在一栋不同于教师本周到访过的任何建筑、且距离更远的建筑内，因此没有教师到达该地点。Cecire和Wood利用这段时间进行规划。

参与情况。76名南非教师参加了教师项目，其中大多数来自南非东开普省。他们大多教授物理科学，这是南非课程体系中的一门课程，涵盖高中阶段的物理和化学。Wood 和 Cecire 于11月28日和29日参加了与教师们进行的几场课程，同时也抽出时间准备他们负责主持的课程；这些课程于11月30日开始。届时，Wood 和 Cecire 向教师们提供了一份在线补充注册表，其中51人填写了表格。在这些人中，44人表示自己是高中教师，1人是小学教师，其余6人担任某种行政职务。



图 2. 教师项目参与者。

第1天和第2天。当地的物理科学课程原本计划采用实践操作的形式，但由于缺少必要设备，只能改为讨论如何进行讲授以及学习者可能如何回应这些讲授。讨论气氛相当热烈，尤其是来自许多不同学校的教师彼此逐渐熟悉之后。教师们对于学习者可能作出的反应也有相当深刻的见解。在一次课程中，协调员解释说，物理科学标准只涵盖抛体运动的垂直情形；随后，教师们看到了一张表示该运动的直线速度—时间图。当被问及学习者会有何反应时，一位教师扮演学习者的角色说道：“你告诉我运动只有垂直方向，但现在你却给我看一条斜线！”这些来自林波波大学的协调员努力使这些以讨论为主的课程顺利进行，并始终保持愉快的态度，与教师们建立了良好的联系，工作完成得非常出色。

第3天、第4天和第5天。11月30日，Cecire 和Wood为教师们讲解并组织了来自 QuarkNet 数据活动集[5]的活动。这些活动面向高中学习者，帮助他们了解粒子物理学，或运用粒子物理学理解高中物理学课程中的相关主题。教师们以学习者的身份参与并理解每项活动，随后能够以教师的身份讨论这些活动。在可行的情况下，Wood 和 Cecire 努力将这些活动与南非物理科学标准相联系。总的来说，他们很高兴当天能够开展实践活动。

11月30日的活动均可在 QuarkNet 数据活动集中找到，包括：

- 洗牌粒子牌组：将代表基本粒子的卡片分发给若干小组，卡片上印有这些粒子的各种特征。各小组根据这些特征对卡片进行整理。见图 3。

- 人体粒子戏法（不属于数据作品集，但在 QuarkNet 中经常使用），参与者扮演基本粒子并演绎粒子相互作用，例如两个质子碰撞产生一个 Z玻色子，随后衰变为一对 μ子和反μ子。

- 与卢瑟福一起滚动，小组轮流将一颗弹珠滚向另外四颗固定但其他方面相同的弹珠十次，统计击中的次数，制作一个

利用直方图找出十次中最有可能的命中次数，然后通过简单的统计推理计算弹珠的直径。见图4。

- 平均寿命第一部分：骰子，参与者多次掷骰子，直到掷出一个**特定数字，此时骰子被视为"已衰变"。剩余骰子数量**在每次掷骰后记录下来，并绘制成剩余骰子数量随掷骰次数变化的图。他们会得到一条指数衰减曲线，并确定骰子的寿命和半衰期。

●平均寿命第二部分：MINERvA 使用费米实验室 MINERvA 中微子探测器中的μ子轨迹。教师使用来自费米实验室一项实验的实际μ子数据，确定每个μ子在探测器中衰变前能持续多长时间，以及在每次衰变中电子衰变产物具有多少能量。与之前的活动类似，他们能够较为准确地确定μ子寿命。他们还利用电子能量**"反向推算"并确定 μ子质量，同样具有较高的准确度。**



图3。教师在洗牌粒子牌组中整理卡片。



图 4。与卢瑟福一起滚动中的直方图创建。

12月1日，Cecire和Wood与教师小组继续开展活动。当日的工作包括另外两项强化活动：

- MINERvA 中微子大师班 [6], 这是 QuarkNet 对国际大师班的原创贡献之一。参与者使用事件显示器，评估碳原子核与费米实验室加速器综合体产生的束流中的中微子相互作用后逸出的粒子的动量。通过这一活动，他们发现了中子在原子核内的运动。由于时间有限，本次大师班仅作介绍，未能完成。

- Higgs@10 [7], 这是 QuarkNet 为帮助教师了解希格斯玻色子而设计的研习会，恰逢发现希格斯玻色子十周年。教师们顺利完成了相关活动，不过最后的计算有些难度。

总的来说，这一天很成功，但不如前一天，因为活动强度更大，也更耗时。如果我们只专注于两项主要活动中的一项，效果会更好。

12月2日是教师们原以为要回家的日子。一组新的教师活动占用了他们此前与 Cecire和 Wood会面的房间；受QuarkNet 启发的活动则被转移到了一个更远、且他们并不熟悉的新地点，远离主会议室。因此，这一天成了 Cecire 和 Wood 用于完善下一周学员项目的规划日。

教师评估。Cecire 于2023年1月30日向教师发送了一份调查问卷。[9] 只有八位教师作出了回应，这可能是因为调查发得太晚，以及他们在学校工作繁忙。尽管如此，收到的部分调查结果仍有助于指导今后的工作。在评价11月30日和12月1日研讨会中最喜欢的环节时，大多数活动都获得了广泛认可，只有 Higgs@10 的部分环节表现稍逊，如图5所示。

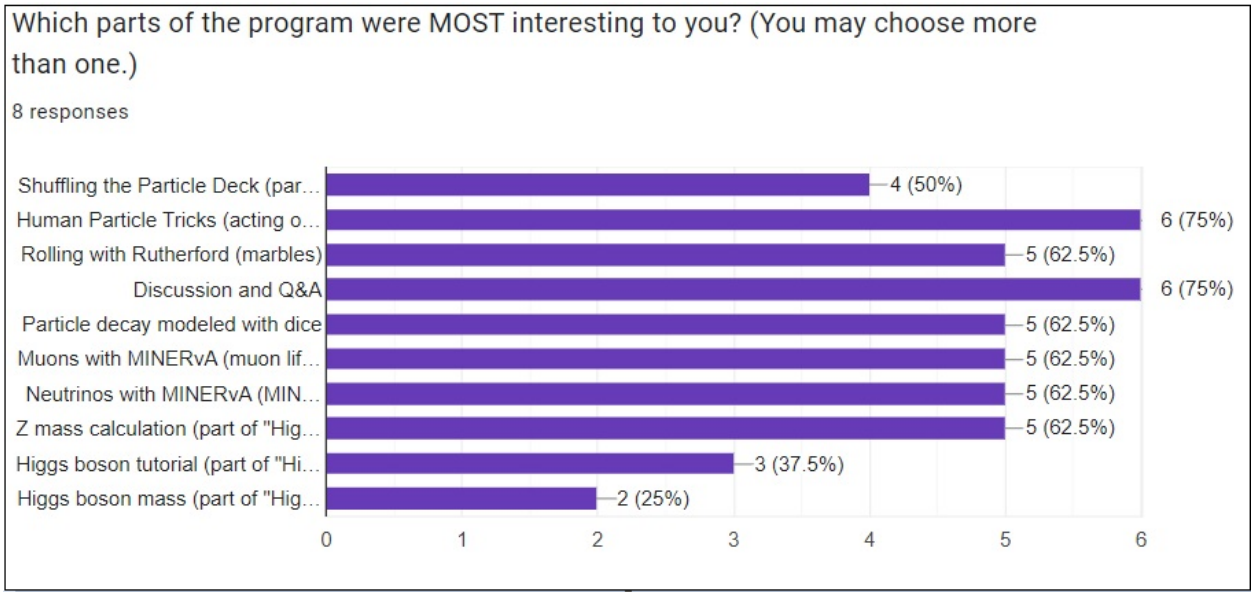

图5. 研讨会中教师最喜欢的活动。

与此相应，50%的受访者认为最不受欢迎的活动是希格斯玻色子质量计算。这可能是最具挑战性的部分，因为需要让可能不熟悉电子表格计算的教师在电子表格中对大型数据集进行数学计算。

据受访者表示，这两天的总体评价良好。

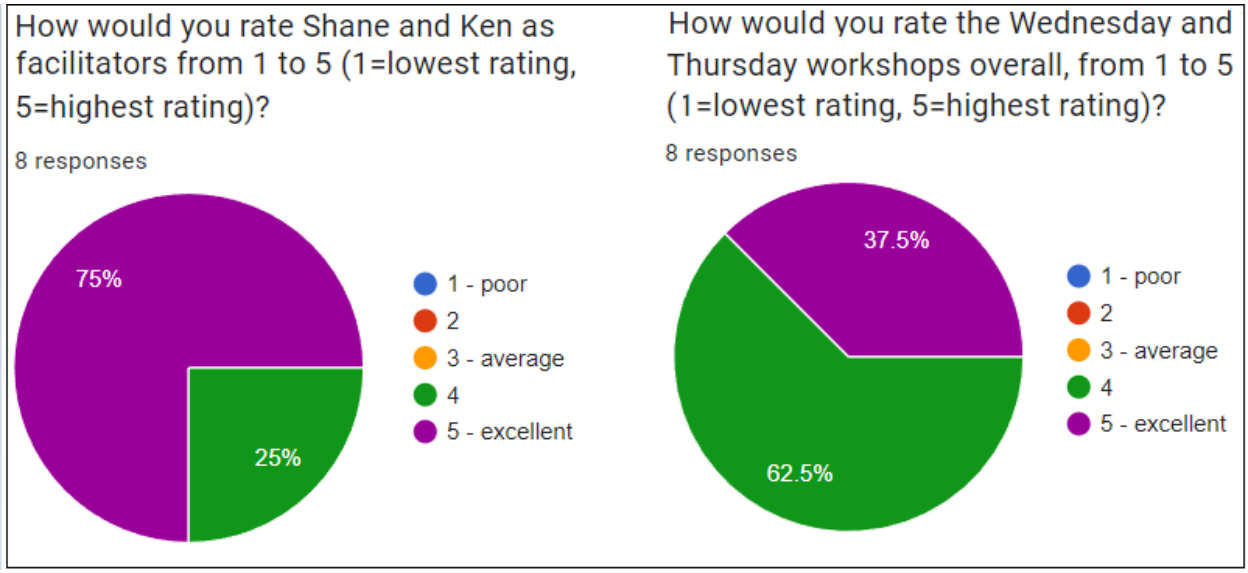

图6. 协调员（左）和研讨会（右）的评分。

教师对问题的部分回答：

- 教师项目周三和周四的内容中，有哪些（如果有的话）可能会带入您自己的课堂?
    - 所有内容。
    - 向学习者展示巧妙的计算方法和掷骰子技巧。
    - 协调员采用的教学策略非常出色。
    - 实践演示。
    - 洗牌粒子牌组。
    - 人体粒子戏法。
    - 应尽可能以最简单的方式向学习者介绍粒子物理学。
    - 教师、学习者参与。
    - 教师的榜样示范与参与，以及通过趣味方式融入概念的做法。

- 你还有其他意见吗?
    - 我非常希望能获得一些视频，了解那里的教师是如何讲解物理学中的某些主题的，尤其是那些不

    - 我还学到了如何对一大类进行分类的技巧
    - 将转发电子邮件
    - 很有趣

关于圣母大学对2022年非洲物理学院的贡献2022年

○ 演讲者展现出的能量充满激情，激发了我们的兴趣，尽管我们有些术语还是第一次听到

高中生项目 高中生项目

活动在纳尔逊·曼德拉大学主校区以外的两个场地举行。前两天，即12月5日和6日，活动在

由于协调员的交通问题，以及不同学校的学员到达时间各异，每日安排略有变化，但基本遵循以下流程：

09:00 抵达并介绍 09:30 洗牌粒子牌组（图7）

参

（图11）

研讨会期间的不同时间段使用了幻灯片和视频来说明重点内容。其中一段视频介绍了通过平方公

研讨会的一个重要组成部分是 ASP 物理学家讲师的参与，他们大多来自非洲，协助开展活动，

的协

学生们始终热情高涨，且表现得非常守规，即使日程安排上的纰漏有时让活动难以顺利进行[9]。



图7。GopolengMohlabeng（加利福尼亚大学欧文分校，来自南非）在米申维尔与学生讨论粒子卡片和标准模型。



图 8. 米申维尔的一名学习者格外努力地让她的弹珠随机滚动，以便获得正确的统计数据。



图 9. 布鲁克海文国家实验室的 Mary Bishai（原籍埃及）在休息期间与卡里埃加的学员讨论物理学。



图 10. Shane Wood 与学员在卡里埃加的纳尔逊·曼德拉湾科学技术中心讨论用泡沫积木制作的「与卢瑟福一起滚动」直方[



图 11. 米申维尔的学习者进行的人体粒子相互作用。



图 12。米申维尔的物理学家问答，参与者（从左到右）为 Ann Njeri，曼彻斯特大学（来自肯尼亚）；Mc [illegible] 室（来 [illegible]）。



图 13。Shane Wood 和 Esmeralda Yitamben 来自默克（原籍喀麦隆）的两人分享了他们对卡里埃加研讨会的满意之情。

大学生项目：Wood 和 Cecire 进行了两场课堂授课

ASP学生分组参加了Wood和Cecire开设的两堂课。一堂课于12月5日举行，另一堂于12月8日举行，均在下午进行，每堂课90分钟。

第一节课讲授的是宇宙射线探测器。学生们组装了一个 QuarkNet宇宙射线探测器[10]，并将其

卫星，

的设

中的

类



图14. Cecire和学生开始从QuarkNet探测器采集数据。

第二堂课是一个精简版的 ATLAS Z路径大师班[12]，共有四名学生参加。在这项活动中，每名

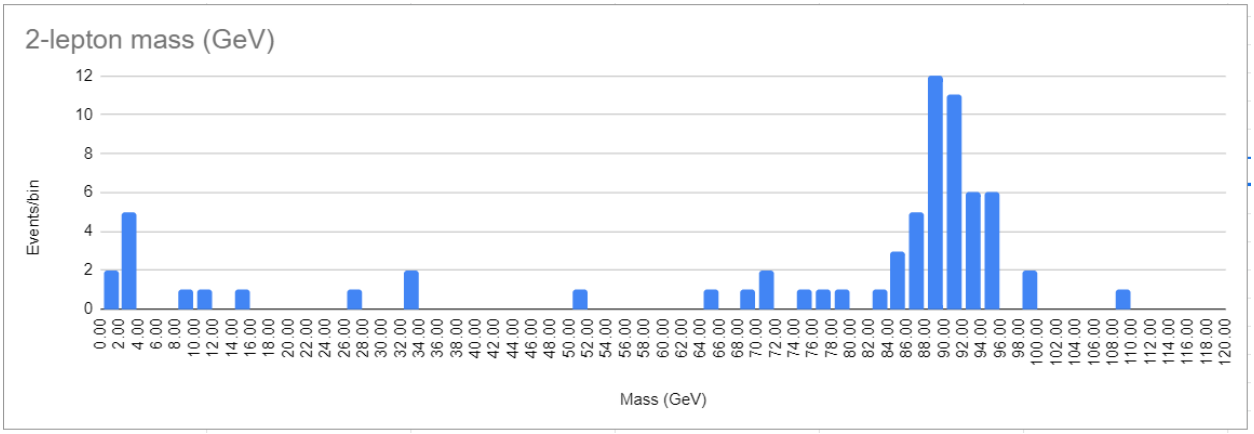

图15. ASP2022大师班的ATLAS实验结果。J/ψ介子的质量约为3 GeV处可见一个小峰，而Z玻色子的显著峰位于约90 GeV处。

结论 圣母大学

QuarkNet 的参与成功地向南非过去无法接触到这些内容的教师和学生展示了良好的物理

导向的物理教育方式，许多人也以不同方式表达了这种方式可能对他们教学产生的影响。对学

ASP学生从Cecire和Wood带给他们的主题与方法中受益匪浅。ASP整体上相当偏重讲座：宇宙

实验，

协助我们的讲师还在研讨会期间及结束后提出了建设性意见。最重要的一点是，我们应尝试在学

另一个方面的成功，则是通过自2016年起参与ASP项目，并一直延续到最近这一届项目而逐步建

我们建议继续并进一步深化圣母大学、QuarkNet 与非洲基础物理与应用学校之间的合作关系；

补充材料 所有图片

本报告中的图片均存放在 QuarkNet服务器上的一个文件中，其中大多数是“全尺寸”图片。

[15]。

致谢 Kenneth Cecire

Shane Wood 谨向 Mitchell Wayne 教授、Michael Hildreth 副院长、Santiago Schnell 院长、

纳尔逊曼德拉大学的团队成员——AzWilliam Murunga、Jade Alexander、Sisipho Ngesi、Dolly Ntintili、Reatile Mosia、Andre Venter、Brian Masara、Nobom Hashe，以及

关于圣母大学对2022年非洲物理学校的贡献报告

Albert Hsien-ChangLiu——感谢所有始终乐于助人、友善且 cheerful 的人，感谢参加外展项目并带来巨大改变的讲师们，也感谢 Ketevi Assamagan 的领导、指导与周到体贴。

参考文献与注释

1. https://www.africanschoolofphysics.org/2. https://quarknet.org3. https://www.africanschoolofphysics.org/asp-2016/4. https://web.quarknet.org/files/asp/SouthAfrica_PhysicalScience_2011.pdf5. https://quarknet.org/data-portfolio6. https://indico.fnal.gov/event/22340/7. 锡拉丘兹大学 QuarkNet 研讨会示例议程（表格中间列）：https://quarknet.org/content/2022-syracuse-university-workshop8. https://forms.gle/VnGA4d22E5Q4Xr1G89. 在卡里埃加的最后一天，气温高达 40 摄氏度（约 100 华氏度），仅靠风扇降温。学员们从未抱怨，事实上，大多数人仍然穿着校服毛衣。
http[illegible]11.
http[illegible]12.
https://atlas.physicsmasterclasses.org/en/zpath.htm13.
https://web.quarknet.org/files/asp/ggcharha2022_report/14.
[illegible] Ketevi、Acharya、Bobby、[illegible]do、Gray、Julia Ann 和 [illegible]ronga、Azwinndini，第七届非洲基础物理与应用学校（ASP2022）活动报告，[illegible]iv:2302.13940[物理学.ed-ph], https://arxiv.org/abs/2302.13940。