

# 广义相对论弱等价原理获最精确检验

科技日报北京9月14日电(记者张梦然)在14日发表于《物理评论快报》特刊的新研究中,一组研究人员对广义相对论中的弱等效原理(WEP)进行了迄今为止最精确的测试。研究报告描述了MICROSCOPE项目的最终结果,该项目旨在通过测量绕地球运行的卫星中自由落体的加速度来测试该原理。研究发现,成对物体的加速度差异不超过 $10^{-15}$ ,这排除了任何对弱等效原理的违反或当前对广义相对论在该层面上的理解偏差。

SCOPE团队成员吉勒斯·迈特里斯称,这对任何未来的理论都有了更好的新约束,因为这些理论在这个层面上不得违反等效原则。

广义相对论描述了引力如何发挥作用以及如何与时间和空间相关联。但由于该理论没有考虑到对量子现象的观察,研究人员在不断提高的精度水平和各种条件下寻找与理论的偏差。违反将暗示新的相互作用力,可将相对论与量子物理学结合起来。检验WEP是寻找广义相对论潜在延伸的一种方法。

根据WEP,引力场中的物体在没有其他

力作用时以相同的方式下落,即使它们的质量或成分不同。为了测试这一原理,MICROSCOPE团队设计了实验,以极高的精度测量Eötvös比率,该比率与两个自由落体的加速度相关联。如果一个物体的加速度与另一个物体的加速度相差超过 $10^{-15}$ ,则该实验将对其进行测量并检测这种违反WEP的行为。

研究人员用铂和钛合金进行了测试,监测了它们在MICROSCOPE卫星中绕地球运行时的加速度,实验仪器采用静电力将对的测

试物体保持在相同位置,寻找这些力可能存在的差异,这将表明物体加速度的差异。

该团队的工作为通过卫星实验对WEP进行更精确的测试铺平了道路。他们的分析包括改进实验装置的方法,例如减少影响加速度测量的卫星涂层中的裂纹,以及用非接触式设备替换装置中的电线。

研究人员说,升级后的卫星实验应在 $10^{-15}$ 水平上展开测量,但MICROSCOPE的结果在一段时间内仍然会是WEP最精确的测量极限。

# 癌性恶病质 mRNA 疗法问世

## 预后寿命更长 肌肉萎缩更少

科技日报北京9月14日电(记者刘霞)美国俄勒冈州立大学和俄勒冈健康与科学大学研究人员开发出了首个用于治疗卵巢癌以及恶病质(一种与癌症和其他慢性肌肉萎缩相关的肌肉萎缩病症)的信使核糖核酸(mRNA)疗法。相关研究发表于最近的美国《Small》杂志。

研究人员解释说,mRNA携带有关蛋白质制造的指令,尽管这一技术在治疗应用方面仍处于初级阶段,但在疾病管理方面具有巨大的临床潜力。他们在实验小鼠身上开展了相关研究并取得了成功。卵巢癌是一种特别致命的癌症,如果扩散到卵巢以外,5年生存率不到30%。

由俄勒冈州立大学药学院教授奥莱·塔兰托等人开发的新疗法基于脂质纳米颗粒(LNP),能够传递mRNA,触发癌前卵母细胞产生卵母细胞素,注射到包含腹部器官的腹腔中进行给药,注射后产生的卵母细胞素对另一种蛋白激酶A起作用,激活的数量增加与侵袭性卵巢癌及其相关恶病质有关。

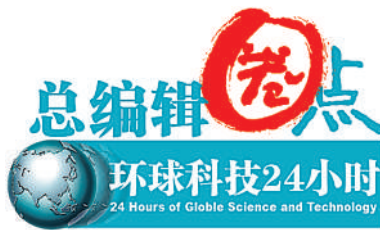
塔兰托说:“通过改变癌细胞的特征,mRNA疗法可产生一系列积极的效果。它可防止含有癌细胞的腹水和胸水的积聚,还可延缓疾病进展,并诱导形成不黏附于器官的小实体瘤,因此更容易切除。此外,它还能帮助保存肌肉质量以对抗恶病质。”

除卵巢癌、胃癌、肺癌和胰腺癌外,恶病质还与许多其他慢性疾病相关,包括多发性硬化、肾衰竭、囊性纤维化、类风湿性关节炎和艾滋病等,这种使人衰弱的综合征导致多达30%的癌症患者死亡。

塔兰托解释说,恶病质和营养不良对癌症患者有巨大的影响,许多患者“处于营养不良和慢性消瘦的状态”,这影响了他们的化疗效果,“我们需要找到新的疗法和药物组合,以提高化疗效果和耐受性,最新研究预示着我们在这方面迈出了一大步”。

小鼠模型显示,mRNA治疗与顺铂(卵巢癌的标准疗法)联合使用效果更好。同时接受两种治疗的小鼠比只接受其中一种疗法的寿命更长,肌肉萎缩更少。

在历史长河中,病毒最常扮演的就是“人类之敌”这一角色,但人类所擅长的,恰恰是从敌人身上学习。病毒可以挟持人类细胞去打造它自己的蛋白质工厂,反过来攻击免疫系统,那么我们也可以利用同样的策略来制造蛋白质——这就是mRNA疫苗及疗法的思路。我们的身体如果能按此策略发起主动攻击,则无论是感染、免疫疾病,还是癌症、遗传疾病,都难逃被武器的火力。这也是本文研究的主旨:扭转人类与疾病对抗的局面。



# 探月为何如此热门? 全球展开超级“月饼”争夺战

## 今日视点

◎ 实习记者 张佳欣

在距离地球约38.5万公里之外的月球上,资源的价值超乎想象。对于人类而言,月球不仅是踏足浩瀚宇宙的前哨站,或许还是赖以生存的资源储备仓库。这些资源可帮助人们解决世界能源危机,满足未来对智能手机和电动汽车等的需求,并将人们带到火星甚至更远的地方。

虽然这些宝藏无比诱人,但却遥不可及。目前,人们还没有开采月球上的贵金属、水和氦的明确方法。

美国国家航天局(NASA)计划发射的“阿尔忒弥斯1号”火箭可能成为人类重返月球的“发令枪”。英国《每日邮报》发文称,一旦部署到位,人们的注意力将转向矿业资源。月球资源的争夺首先是各国之间的竞争,但过不了多久,世界上许多大型企业集团也会加入这场争夺战。

到目前为止,至少有6个国家和一批私人公司公开宣布了在未来十年内进行的250多次登月任务。他们都希望从这块“月饼”中分得一杯羹,其中包括价值约1680亿英镑的水,数十亿英镑的黄金和1.2万亿英镑的氦。不过,这些都是对价值极其粗略的估计。没有人确切地知道月球深处有多少水、金属和矿物。

## 水是无价之宝

将一立方米的水送入近地轨道的成本高达100万英镑,这意味着,获得太空中的水,就如同获得了无价之宝。月球上的水不仅是宇航员的生命之源,还可通过分离氢和氧元素制造火箭燃料。NASA估计,月球上存在约6亿吨水冰。

水如此宝贵,甚至可以让月球成为人们探索太阳系的“加油站”。

据2019年的一项研究报告,根据目前从地球供应水的成本来计算,在月球上生产水的价值为每吨870万英镑。该报告还估计,未

来30年的市场价值可能约为1790亿英镑。

那么问题来了,月球上到底有多少水? 2020年10月,NASA首次证实阳光照射的月球表面发现水分,这意味着水可能分布在月球更广泛的表面区域。NASA戈达德太空飞行中心博士后研究员凯西·霍尼博尔说,他们发现的水,大约相当于一立方米月球土壤中有一瓶12盎司(约合354毫升)的水。

近期,中国“嫦娥五号”探测器发现,月壤、月岩中存在微量水,1吨月壤中大约有120克水,1吨岩石中大约有180克水。

## 金属的巨大市场

为了变得更加环保,并应对地球上的气候变化,电动汽车、风力发电场和太阳能电池板越来越受欢迎,但它们都需要大量被称为“稀土”的金属。

提取稀土中的金属,如用于磁体的钕等,可能会对地球环境造成严重污染。考虑到这点,月球是个最佳替代选择。它可能是个价值数万亿英镑的“大市场”。

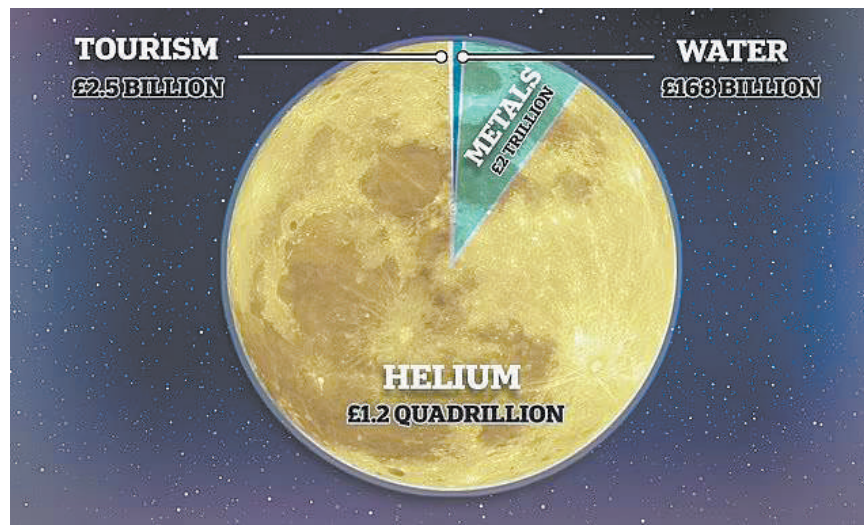
20世纪60年代和70年代带回月球岩石的阿波罗宇航员称,月球表层也包含一些此类资源。但英国伦敦大学伯克贝克大学的伊恩·克劳福德教授认为,这些资源可能很难提取。

克劳福德教授表示,我们对月球的了解还不够,不知道提取月球资源在经济上是否可行,我们还处于探索阶段。他表示会把“阿尔忒弥斯计划”视为正在进行的勘探活动的一部分。

许多金属对于在月球上和地月空间建造工业和科学基础设施是必不可缺的。

月球表面不少地方蕴藏珍贵的钛金属,而且蕴藏比例可能是地球10倍。像铁一样,铝、钽也以氧化物的形式存在。此外,所有月岩中都含有丰富的硅。克劳福德教授说,这在未来太空工业化的背景下可能十分重要。

还有人猜测,月球表面之下可能还埋藏着价值数十亿英镑的黄金——一些穿越太空的小行星中可能含有黄金,在它们撞击月球时与黄金一起沉入月表以下。



月球资源的价值可达数万亿英镑,可以解决世界能源危机,满足未来智能手机和电动汽车生产的需求,并将人们带到火星和更远的地方。

图片来源:《每日邮报》网站

## 氦的诱惑性

当前,巨大的能源危机困扰着世界大部分国家和地区。

核聚变一直被认为是化石燃料的潜在替代品,科学家们希望模仿太阳,通过核聚变将氢转化为氦来产生能量。

要做到这一点,一种方法是提取一种稀有的氦(氦);而另一种则是提取更稀有的氦,称为氦-3。

氦-3在地球上极其罕见,但在月球的某些部分,包括静海,表面物质中的氦-3浓度为20ppb。这是因为月球没有大气层提供保护,因此氦-3由太阳风沉积在了月球表面。作为核电站用铀的替代品,这种同位素没有放射性。据英国阿伯里斯特威斯大学物理系研究讲师托尼·库克博士称,它的浓度“大约是我们大气中氦浓度的1000倍”。

据估计,月球上价值约1.5万亿美元氦-3,尽管这一数字如此具有诱惑性,但克劳福德教授还是表示,“无论如何,不该认为这对地球来说是经济可行的能源”。

## 太空旅行在招手

除了宝贵的水、金属和氦等资源,月球还是商业太空旅行的热门目的地。金融服务公司瑞银估计,到2030年,太空旅行市场价值将达到30亿美元。

维珍银河、SpaceX和蓝色起源等公司都希望从这一赚钱的项目中获利,那些负担得起这笔费用的人一定不会错过月球等星球旅行的良机。

## 如何分割“月饼”

这一块巨大的“月饼”将如何分割? 这些资源的争夺又将如何受到监管?

联合国《外层空间条约》明确规定,任何国家都不能声称对月球拥有主权,包括所有主要的航天国家在内的100多个国家签署了该条约。

《每日邮报》报道称,来自多国的专家们一致呼吁解决规则和法律问题,以便在国际上达成更多共识,因为人们担心争夺这块巨大的“月饼”会变成豪家之间的混战。无论如何,新的太空竞赛已经真正开始了。

# 黑洞理论上拥有漩涡结构

科技日报北京9月14日电(记者刘霞)德国慕尼黑大学和马克斯·普朗克物理研究所的科学家在最新一期《物理评论快报》上发表论文称,他们的最新研究表明,黑洞理论上应该拥有漩涡结构。这项研究为观察新型物质,包括微暗物质开辟了新的途径,也有助于解释宇宙中活动星系核产生的极强磁场。

黑洞是拥有极强引力的天体,即使光线也无法从中逃逸。2015年,科学家们首次对黑洞进行了直接观测。从那时起,物理学家进行了无数理论和实验研究,旨在更好地理解这些迷人的宇宙物体。

该研究负责人之一弗洛朗·库内尔说:“最近,研究人员以引力子的玻色-爱因斯坦凝聚体的形式,引入了新的黑洞量子框架。此前,科学家们一直没有在这个框架内彻底研究旋转黑洞,但其实它们可能不仅存在,而且是规则而非例外。”

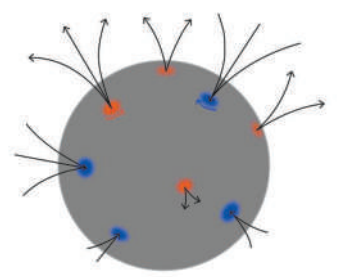
在最新研究中,库内尔及其同事根据现有物理理论,特别是最近引入的基于玻色-爱因斯坦凝聚体的黑洞量子模型进行了几次计算,在量子水平上研究旋转黑洞,以确定它们是否允许漩涡结构。

库内尔说:“由于科学家已经在实验室深入研究了旋转的玻色-爱因斯坦凝聚体,我们知道,如果旋转得足够快,它们会允许出现漩涡结构,因此我们在

旋转的黑洞模型中寻找这些结构,并确实找到了它们。”

研究表明,具有极端自旋的黑洞可以被描述为拥有漩涡的引力子凝聚体。此外,在存在移动电荷的情况下,黑洞的整体涡流捕获了规范场的磁通量,这将导致可以通过实验观察到的特征辐射,为观察新型物质,包括微暗物质开辟了新的途径。

库内尔指出:“此前,黑洞有质量、自旋和电荷3个表征,但我们的最新研究表明,还需要添加漩涡这个全新特征。黑洞的漩涡结构可以解释宇宙中活动星系核产生的极强磁场。此外,它们可能是几乎所有已知银河磁场的根源。”



拥有多个漩涡的黑洞(示意图),彩色表示漩涡方向,黑色代表磁力线。图片来源:物理学家组织网

# 细胞修复延寿“循环系统”机制首次揭示

科技日报北京9月14日电(实习记者张佳欣)美国匹兹堡大学研究人员在最新一期《自然》杂志上揭示了一个与衰老和阿尔茨海默病等众多疾病有关的重要问题,他们首次描述了一种细胞修复受损溶酶体的途径——磷酸肌醇引发的膜束缚和脂质转运。这一发现是理解和治疗由溶酶体膜驱动的衰老相关疾病的重要一步。

溶酶体是一种通过回收细胞垃圾来延长其寿命的结构。作为细胞的循环系统,溶酶体

含有有效的水解酶,可降解分子废物。这些内容物被一层膜隔开,使它们不会损坏细胞的其他部分。膜的作用就像危险废物设施周围的铁丝网栅栏一样。这种栅栏可能会断裂,但一个健康的细胞会迅速修复受损的部分。

溶酶体膜渗漏,技术上称为“溶酶体膜通透性”(LMP),与一系列衰老相关疾病有关。例如,tau纤维从受损的溶酶体中泄漏是阿尔茨海默病进展的关键一步。

为了进一步了解溶酶体修复的核心机制,

研究人员首先破坏了实验室培养细胞中的溶酶体,然后测量了其表面特异性富集的蛋白质。结果发现,一种名为PI4K2A的酶在几分钟内就会聚集在受损的溶酶体上,并产生高水平的信号分子磷脂酰肌醇4-磷酸(PtdIns4P)。

研究人员称,PI4K2A就像一面旗帜,它告诉细胞麻烦了。然后,这个警报系统会进一步召集一组ORP家族蛋白。ORP蛋白的一端与溶酶体上的PtdIns4P结合,另一端与内质网结合。内质网是参与蛋白质和脂类

合成的细胞结构,它就像毯子一样包裹着溶酶体。正常情况下,内质网和溶酶体几乎不接触,“相互拥抱”。

通过这种“拥抱”,ORP家族蛋白将进一步将胆固醇和磷脂酰丝氨酸(PS)脂质从内质网运送到溶酶体,帮助修复溶酶体膜的漏洞。溶酶体上的PS还激活ATG2蛋白,它就像一座桥梁,将其他脂质转移到溶酶体,这是修复过程的最后一步。

# “冰岛之火”神秘活动过程展现



2021年法格拉达尔火山喷发。

图片来源:冰岛大学

科技日报北京9月14日电(记者张梦然)英国《自然》杂志14日发表的两篇地球科学论文,报道了在2021年冰岛法格拉达尔火山喷发前和喷发中观测到的令人意外的地震活动和岩浆运动。研究结果对于人们理解引起此次火山喷发的过程以及未来对火山活动的监测具有重要意义。

法格拉达尔火山位于雷克雅内斯半岛,离冰岛首都雷克雅未克约40公里。2021年的喷发始于3月19日,之前已经有约800年的休眠期,喷发前数周地震活动和地表变形都有所增强,但这些活动在喷发前几天却异常地减弱。这次喷发一开始的岩浆流速很低,熔岩流也很少,但到4月底时,可观测到岩浆流速加快,伴随很高的熔岩喷泉。理解火山喷发的前兆以及喷发的过程,对于做出预警,挽救生命和保护基建非常重要。

冰岛大学和冰岛气象局团队研究了这次喷发的前兆。2021年冰岛火山喷发最早在2月24日至3月中旬就出现了地震活动和地表变形的增强,但在喷发前几天又神秘减弱。团队认为,由于地壳板块的运动,喷发前的力量会储存在地壳中。而在喷发前,这些力量会随岩浆进入地壳而释放,后续的地震活动和地表变形减弱或说明该过程暂时结束,岩浆即将喷发。研究结果也表明,在预测火山喷发时,需要考虑火山过程、构造应力、地壳结构之间的相互作用。

在另一篇论文中,冰岛大学团队研究了喷发后50天里喷出的熔岩。这些分析揭示了岩浆直接来自地壳和地幔界面(近莫霍界面)。他们指出,喷出的熔岩会随时间变化:喷发起始阶段,熔岩主要来自这个壳幔界面附近,但在接下来的几周里,熔岩组成发生了变化,表明其来自更深处产生的岩浆。

# 每日补充复合维生素改善老年人认知

科技日报北京9月14日电(实习记者张佳欣)在人体逐渐衰老过程中,服用维生素是否有助于防止认知能力下降? 根据美国维克森林大学医学院与波士顿列根和妇女医院合作进行的一项新研究,每天服用复合维生素补充剂可能会改善老年人的认知能力,而每天服用可提取物补充剂,并未发现对改善认知能力有益。相关研究发表在最近的《阿尔茨海默病与痴呆症:阿尔茨海默病协会杂志》上。

在可补充剂和多种维生素对大脑的影响研究中,研究人员随机选择了美国各地21442名参与者,调查了他们每天服用可提取物补充剂或多种维生素-矿物质补充剂是否可降低心脏病、中风、癌症及其他疾病的风险。超过2200名年龄在65岁及以上的参与者接受了为期3年的随访。

研究人员解释说,可提取物富含一种名为黄烷醇的化合物,过去的研究表明,这些化合物可能对认知有积极影响。人体需要几种微量营养素和矿物质来支持正常的身体和大脑功能,缺乏这些物质可能导致认知能力下降和痴呆症风险增加。

研究表明,可提取物不会影响认知,但每天补充多种维生素-矿物质会显著改善认知能力。研究人员估计,3年的复合维生素补充剂大致可将认知能力下降减缓约1.8年。这种益处仅在患有严重心血管疾病的参与者中相对更为明显。

不过,研究人员补充说,在提出任何健康建议之前,还需要更多的研究来证实这些发现,以更好地了解为什么复合维生素可能对老年人的认知有益。