



Q: 路面有水，水会减少汽车轮胎与路面的摩擦力，出现打滑现象。但是，人工清点纸币时，干燥的手指在纸币上却打滑，将手指沾水后反而不打滑了。是什么原因？

A: 主要差别在水层的厚度，是不是足够厚到让水可以自由地做层间流动。如果是，那自然水就会打滑。如果不是，比如只在手指上，玻璃上涂了很薄的一层水膜，那这时水会因为表面浸润和张力的缘故增大摩擦。

Q: 时间在量子力学中似乎不是可观测量，因为根本没有一个厄米算符与之对应，狄拉克的原著中也是将态矢量随时间演化的方程直接作为一条 axiom 引入……那么问题来了，时间到底是什么？

A: 时间是什么这个问题问得太大了，先不回答。倒是可以说一说你前面提到的这个事实。量子力学中时间和空间的数学结构不一样。而相对论认为时空应该是等价的。要怎么解决这个矛盾呢？

量子力学必须要把所有可观测的经典物理量进行“算符化”，给这些物理量赋予更多结构，这些物理量才能够撑起量子力学的所有信息(在这个意义上，你可以认为经典力学是量子力学忽略了量子涨落的近似理论，关于这一点在路径积分中看得十分清楚)。

但在量子力学中时间却是个例外，它作为波函数含时演化的一个参数而存在。这不得不说不是一件非常让人不爽的事情。所以为了解决这个不痛快，把量子力学和狭义相对论统一起来，上个世纪的物理学家们想了想，那干脆一视同仁，时间既然是参数，那把空间位置也弄成参数吧。但量子力学得有算符呀，不然就成经典力学了，那就把原来的波函数弄成算符吧。换个名字，取名“场算符”。这就是后来的量子场论。

另一边，还有一群蛮子觉得：莫要怂！既然空间已经是算符了，那我们把时间和空间都整成算符了，解不解得出来再说嘛，这就是后来的弦论。



*Q&A 选自中国科学院物理研究所微信公众号每周五发布的《问答》专栏。受篇幅所限，这些答案难以尽善尽美，欲深度了解其中缘由的读者请同时参阅相关专业书籍。

Q: 在生活中注意到似乎比较大的物体，如人、老虎之类的从高处下落会摔死，而蚂蚁、蟑螂之类的小动物却似乎多高都不会摔死，请问这是为什么？

A: 这个问题很好，分两部分说。

第一部分叫空气阻力和终止速度。在空气中自由下落的物体的速度并不会一直增加，当空气阻力等于重力时，物体就做匀速下落运动了。这时候的速度叫做终止速度。一个物体受到的重力大小跟它的体积，也就是线度的立方，成正比，一个物体的空气阻力大致与速度和截面积(线度的平方)的乘积成正比。空气阻力等于重力，我们立即就得到一个结论，终止速度与线度成正比。也就是越大的物体终止速度越大。

第二部分叫标度变换与强度的关系。在很多地方都看到这样的描述：蚂蚁能举起自身体重几十倍的重物，如果蚂蚁像人那么大的话，它就能举起卡车。这个说法其实是不对的，错在把标度不变性套用在了不具有这种性质的对象上。如果蚂蚁真的像人那么大，它唯一的命运就是几根纤细的腿被自身体重压得站都站不起来。

之所以会这样的原因也类似。因为重力与线度的立方成正比，然而支撑你身体的骨骼的强度只正比于骨骼的截面积，也就是线度的平方；你的运动能力只正比于肌肉的横截面积，也是线度的平方。这导致的后果就是：结构相同的情况下，动物越大其实越脆弱，越容易受伤(蓝鲸一离开水面很快就会死亡，并不是窒息，它是用肺呼吸空气的！原因是体重太大，离开水后血压激增导致心力衰竭。也就是自己把自己压死了)。

Q: 既然蓝紫光波长更短，能量更高，为什么它的热效应反而没有能量更低的红光等的热效应强呢？热效应与什么有关呢？

A: 因为太阳的表面温度大概是五六千摄氏度。根据黑体辐射定律，这个温度下太阳光中红光的能量密度远大于蓝紫光。换句话说，单位体积内的红光光子密度远大于蓝紫光光子。单个蓝紫光光子携带的能量的确高于单个红光光子。但那又怎样呢，一个是特种兵

小分队，一个是抄家伙一起上的集团军。所谓武功虽高，也敌不过人民群众的汪洋大海。

Q: 相对论和量子力学在现代社会的应用有什么？

A: 相对论的日常应用是GPS定位。GPS定位的原理是不同位置的GPS卫星收到相同信号的时间不同，利用时间差和简单的几何来定位信号源的位置。但根据广义相对论，轨道空间中飞行的GPS卫星和地球表面的时间运行速度并不一样快。所以GPS卫星定位技术必须要考虑相对论效应。

量子力学的应用就大了去了，所有的芯片！你能想象现代社会没有芯片么？



Q: 固体物理是研究什么的？

A: 顾名思义，研究固体。更专业的说，以量子力学为基础解释固体的各种宏观性质的起源。更本质的，是研究很多很多原子以一定的规律与对称性组织在一起后，会演生出什么样的新的物理规律(比如能带、铁磁性、超导等)，值得一提的是，这些演生的物理规律有可能跟微观哈密顿量的具体细节不存在必然联系(比如相变)。也就是说，演生出来的规律可能不必由微观哈密顿量决定。更像是“凭空蹦出来的”。

这种由数量和组织方式的复杂性导致新的物理规律的现象叫做演生原理，或者叫做“more is different”。

Q: 宇宙中目前已知的最高的温度是多少？在什么条件下产生的？

A: 除开宇宙大爆炸，宇宙中目前已知的最高温度在地

球上，而且是人造的。它的值是5.5万亿摄氏度，制造方法是在欧洲核子中心的大型强子对撞机中把铅离子加速到近光速后再对撞。这个温度下即使质子和中子本身也会“融化”了，变为一种叫做夸克—胶子等离子体的物态。

Q: 雷电是怎么产生的？

A: 雷暴雨的积雨云下层富集着大量的负电荷(和一小撮正电荷)，地表富集着大量的正电荷。这使得云和大地之间形成了非常大的电压(几十个兆伏)，这样高的电压产生的电场有可能把空气分子电离，然后电离出来的离子在电场加速下高速撞向旁边的分子，把旁边的分子也给撞电离了，然后雪崩一样地把空气沿着一条线变成了导体，电荷通过这条线迅速放电，就形成了闪电，放电产生的热量把空气距离加热使得空气膨胀摩擦发出声响，这个就产生了雷。

雷雨云中为什么会富集如此大的电荷量？目前有很多理论，但是每个理论都不能解释所有的现象，目前雷雨云的起电机理仍是一个有争议的议题。

想了解更多可以参考《费曼物理学讲义》的第二卷，写得要简单一些。

Q: 光速为什么是速度的上限，新发现的引力波也是光速传播，这些都是巧合么？还是有什么更深刻的原因？

A: 光也没什么特殊的哈。光子也只是一个平凡没有质量的粒子而已。所以与其说是光速特殊，不如说是无质量粒子的速度特殊。宇宙有个极限速度，这个速度就是无质量粒子运动的速度，所有有质量的粒子的速度必须小于它。所以并没有什么巧合，引力波光速传播，只不过是我们认为引力子也没有质量罢了。

Q: 什么是全息宇宙？

A: 从弦论或量子引力中发展而来，近些年兴起的一种解释。尚在发展，正确性还在观望中。说的是我们宇宙的三维空间可能只是一个二维全息图的投影。三维空间发生的任何事件都可以对应到二维全息图上的一个事件，二维包含了三维的所有信息。三维空间的暗能量甚至有可能是全息图上的量子涨落。全息理论中最有名的版本叫做AdS/CFT对偶。之所以出名的其中一个原因是这是一个强弱对偶，可以把强场对应到一个弱场，所以甚至一些做凝聚态理论的人都会来关心它。