



地球

地球是独一无二的，还是只是宇宙中众多类似的宜居行星之一？

地平说证据——不过是海市蜃楼罢了

地平说运动始于 19 世纪塞缪尔·罗伯瑟姆的著作。1838 年夏天，罗伯瑟姆进行了贝德福德水平面实验。贝德福德水平面是一段长达六英里的笔直水面。按照惯例，在这六英里的距离上，地球应该向下弯曲 24 英尺。罗伯瑟姆站在贝德福德水平面的一端，并安排一个人划着小船到另一端。船上装有一根五英尺高的桅杆，因此到达水平面的另一端时，桅杆肯定看不见了，因为桅杆顶部会比罗伯瑟姆的视线低 11 英尺。罗伯瑟姆用架在水面上方八英寸处的望远镜观察小船。他在整个贝德福德水平面上都能看到小船，由此确信地球是平的。我[之前讨论过贝德福德水平仪实验](#)，其中我解释了大气折射会使光线沿着地球表面弯曲，从而使

船只即使实际上位于视线下方也能被看到。在这里，我想进一步阐述导致罗伯瑟姆实验出错的现象。

罗伯瑟姆遭遇的是上蜃楼。当地平说信徒听到这个说法时，通常会认为这不可能，因为蜃楼应该是倒立的影像，而罗伯瑟姆看到的船却是正立的。然而，这种说法混淆了上蜃楼和下蜃楼。它们之间有什么区别呢？首先，我们需要简单了解一下光的物理特性。

全内反射

光以有限的速度传播，速度取决于介质。在海市蜃楼中，介质是空气。在空气中，光速仅略低于真空中的光速，并且光速还取决于空气的温度。简而言之，光在较暖的空气中比在较冷的空气中传播速度略快。在物理学中，我们通常用折射率 n 来表示这种特性：

$$n = c / v,$$

其中 c 是真空中的光速， v 是光在任何介质（此处指空气）中的速度。由于光在较暖的空气中传播速度更快，因此暖空气的折射率低于冷空气。更具体地说，光速还取决于气压，或者更通俗地用折射率来表示：

$$n(P, T) = 1 + 0.000293 (P/P_0) (T_0 / T),$$

其中 P 和 T 分别代表空气的压力和温度， P_0 和 T_0 分别为一个大气压和 300K 的标准值。由于海市蜃楼的高度差可以忽略不计，压力差也微乎其微，因此温度差远大于折射率的差异。当光从一种介质传播到另一种介质时，其路径会发生折射，即弯曲。这就是为什么将长物体部分插入水中（例如将杆子放入游泳池中）会产生“弯曲的棍子”外观的原因。这种现象可以用斯涅尔定律来描述：

$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n_2 / n_1 ,$$

其中 θ_1 和 θ_2 是光线与两种介质界面垂直线所成的角度， n_1 和 n_2 是两种介质的折射率（见图 1）。根据光线的传播方向，其中一个角度是入射角，另一个角度是折射角。

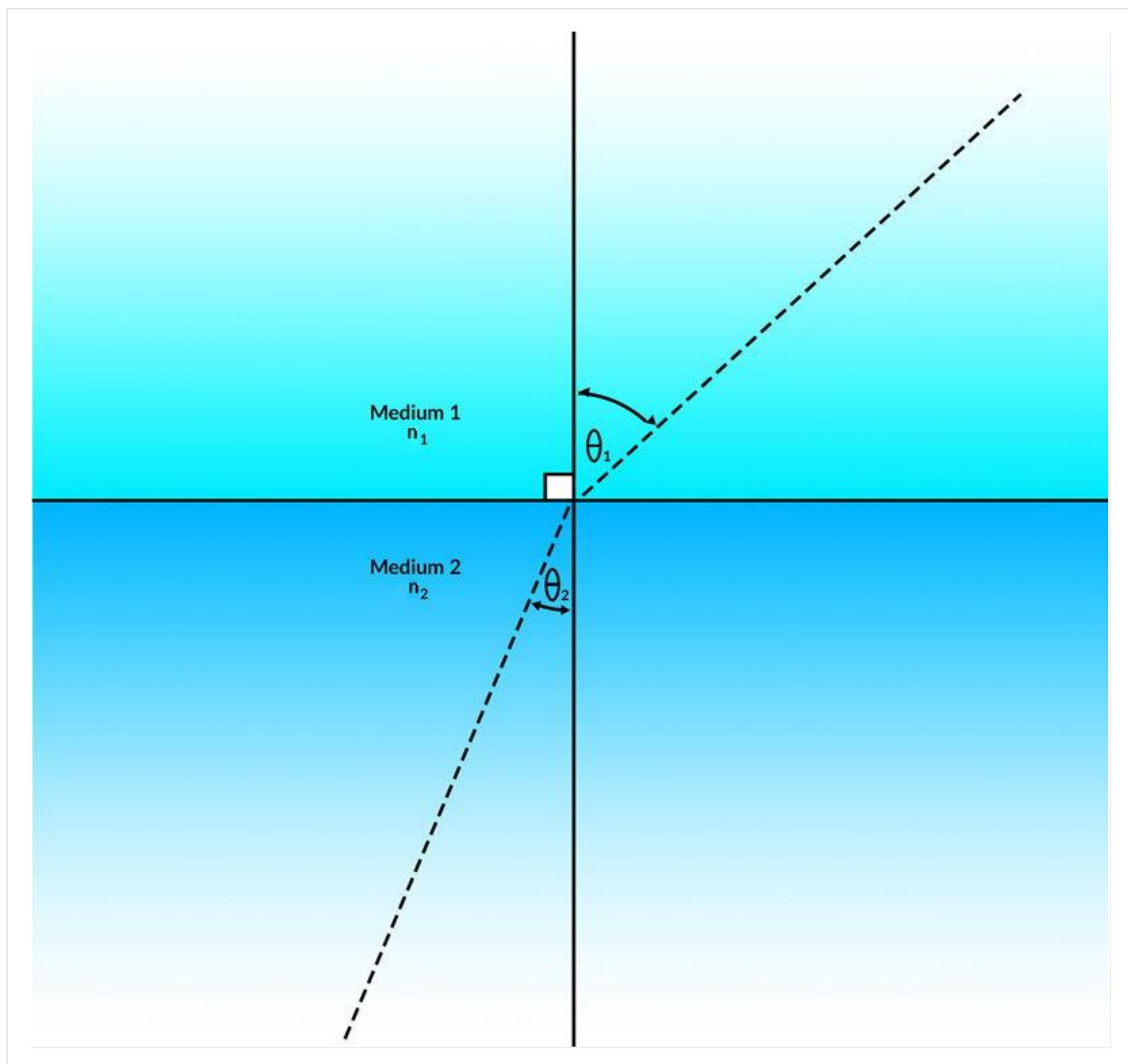


图 1

对于大多数介质和入射角，光都能从一种介质透射到另一种介质。然而，当光以足够大的入射角从高折射率介质进入低折射率介质时，折射角可能不存在实际值。在这种情况下，光无法进入第二种介质。相反，光会在界面处反射，返回到第一种介质。我们称这种

现象为全内反射。许多设备都利用了全内反射。全内反射使得一个具有两个 45 度角和一个 90 度角的棱镜能够以直角反射光线。虽然也可以使用 45 度角安装的镜子来实现同样的效果,但全内反射的效率接近 100%,而最好的镜子的效率也只有 85%左右。许多光学设备,例如双筒望远镜和潜望镜,都利用了全内反射。光纤是由细玻璃丝制成的。由于非常细,光纤具有柔韧性,并且像任何金属丝一样易于操作。玻璃的折射率相对较高,因此,如果光纤弯曲角度不太大,光线照射到光纤中时会被光纤壁完全反射。我们每天都在使用光纤,例如电话、有线电视和互联网连接。

要发生全反射,入射角必须是多少? 设介质 1 为折射率较高的介质。随着 θ_1 增大, θ_2 也增大,但增大的速度更快。当 θ_2 达到 90 度时,发生全反射,没有光线透射。对应的入射角 θ_1 就是发生全反射的临界角。设临界角为 θ_c 。代入斯涅尔定律:

$$\sin \theta_c = n_2 / n_1$$

根据上述第二个公式,在 1 个大气压和 310 K (50° F) 的温度下,折射率为 1.000284;而在 1 个大气压和 320 K (68° F) 的温度下,折射率为 1.000275。这些值对应的临界角为 89.76°。因此,当空气在 1 个大气压下从 310 K 进入 320 K 时,如果入射角大于 89.76°

（即与掠入射角相差小于约 0.25° ），则光线将发生全反射。如果温差更大，临界角会更小；因此，与掠入射角相差会更大。

下位幻影

下蜃景是最常见的蜃景类型；因此，在大多数人的印象中，它是唯一一种蜃景。下蜃景的形成是由于地面上存在一层温暖的空气层，而其上方则是较冷的空气层。这种情况几乎在每个晴天都会出现。当太阳辐射被地面吸收时，与地面接触的空气会升温。而地面上方不远处的空气则保持较低温度，因此这两层空气之间会存在较大的温差。由于这种温差在太阳高度角最高时最为明显，因此下蜃景最有可能出现在春末夏初的午后。暴露在阳光下的地表类型也至关重要，因为深色平坦的表面，例如路面、岩石和沙地，加热空气的效率最高。而植被茂盛的表面，例如草地，加热效率则低得多。由于水的比热容高且光学深度大，因此水通常很难形成下蜃景。上述 10 度气温差异的例子相当一般——在初夏的理想条件下，会出现更大的温差，从而减小临界角，增加掠过地表角，从而出现下蜃景。

在这种情况下，地平线附近但高于地平线的远处物体发出的光线会反射到较暖的空气上（见图 2）。

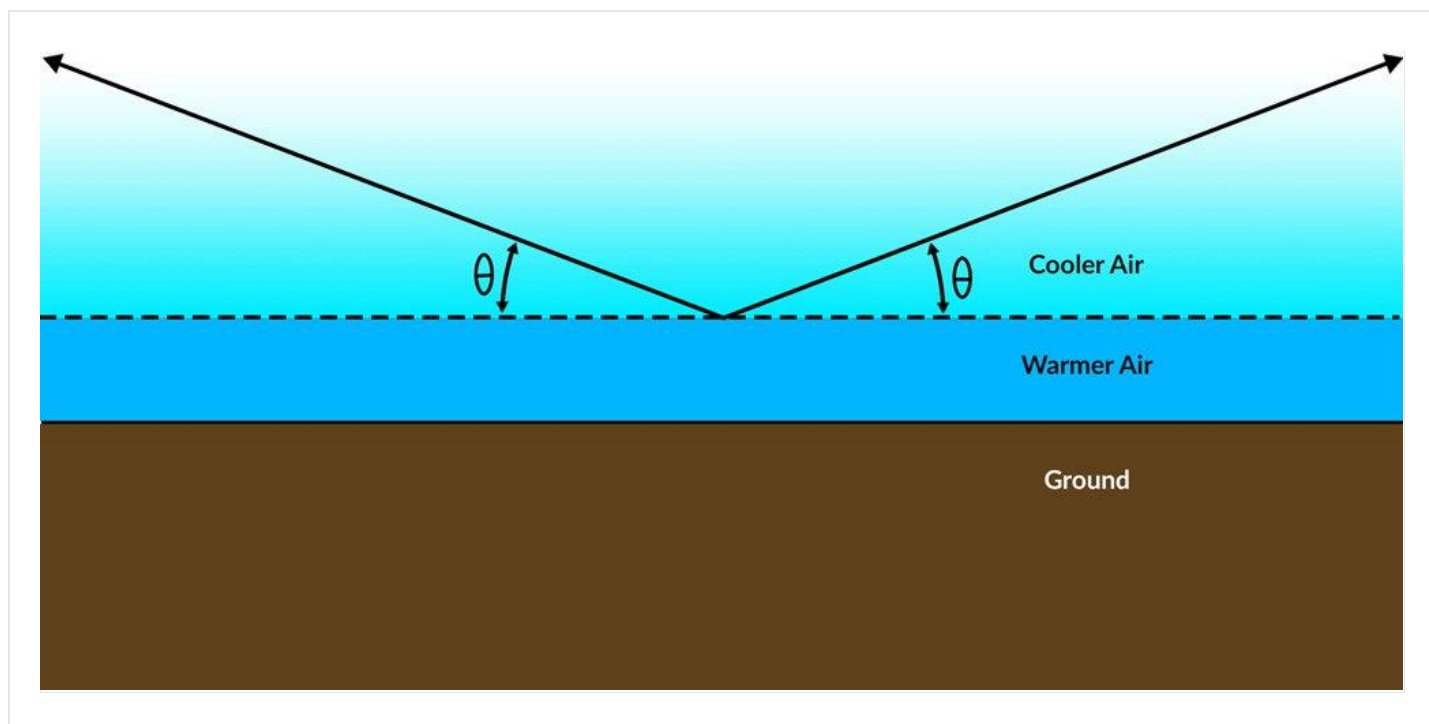


图 2

最常见的反射物体之一是蓝天，我们的大脑会将其解读为水面反射的光线。反射的影像出现在物体下方，因此我们称之为下蜃楼。地表附近的暖空气层就像一面普通的镜子。正如镜子左右反转一样，下蜃楼的影像上下反转（如果你将头倾斜 90 度观察镜子中的倒影，也会看到同样的现象）。这种反转的原因是，远处物体顶部反射的光线比底部反射的光线更靠近观察者。因此，下蜃楼通常呈现倒置状态。清晨或傍晚，太阳对地面的加热作用较弱，因此下蜃楼的出现概率较低。秋季和冬季也是如此，因为此时太阳位置较低。

造成下蜃景的暖空气往往会膨胀。空气膨胀后密度降低，产生浮力。浮力使暖空气上升，而空气必须以某

种方式得到补充。这种不稳定的状态导致空气上下运动（湍流）。光线穿过湍流空气时会变得模糊。不断变化的湍流使图像闪烁。下蜃景很少保持稳定。

高级幻影

如前所述，水体对阳光的反应与陆地截然不同。水体大多是透明的，光线可以深入水中，因此阳光会被从水面到一定深度的厚水层吸收，而不是像陆地那样仅仅被水面吸收。此外，水的比热容很高，这意味着它的温度上升非常缓慢。因此，暴露在阳光下的水体温度在一天中变化不大，所以与水接触的空气不会被加热。相反，在夏季午后，当陆地迅速升温时，水体的温度通常低于空气温度。较冷的水会冷却与其直接接触的空气，因此水面上方的空气通常比更高处的空气更冷。由于空气温度通常随高度降低，这种与正常温度相反的现象被称为逆温。逆温现象在春末夏初的水体上空很常见。由于这种温度结构与造成下蜃景的现象相反，因此在水面上很少见到下蜃景。这种情况尤其在夏季发生，因为此时陆地上经常出现下蜃景。

考虑从远处物体发出的水平光，该光在该物体所在位置与水面平行（见图 3）。

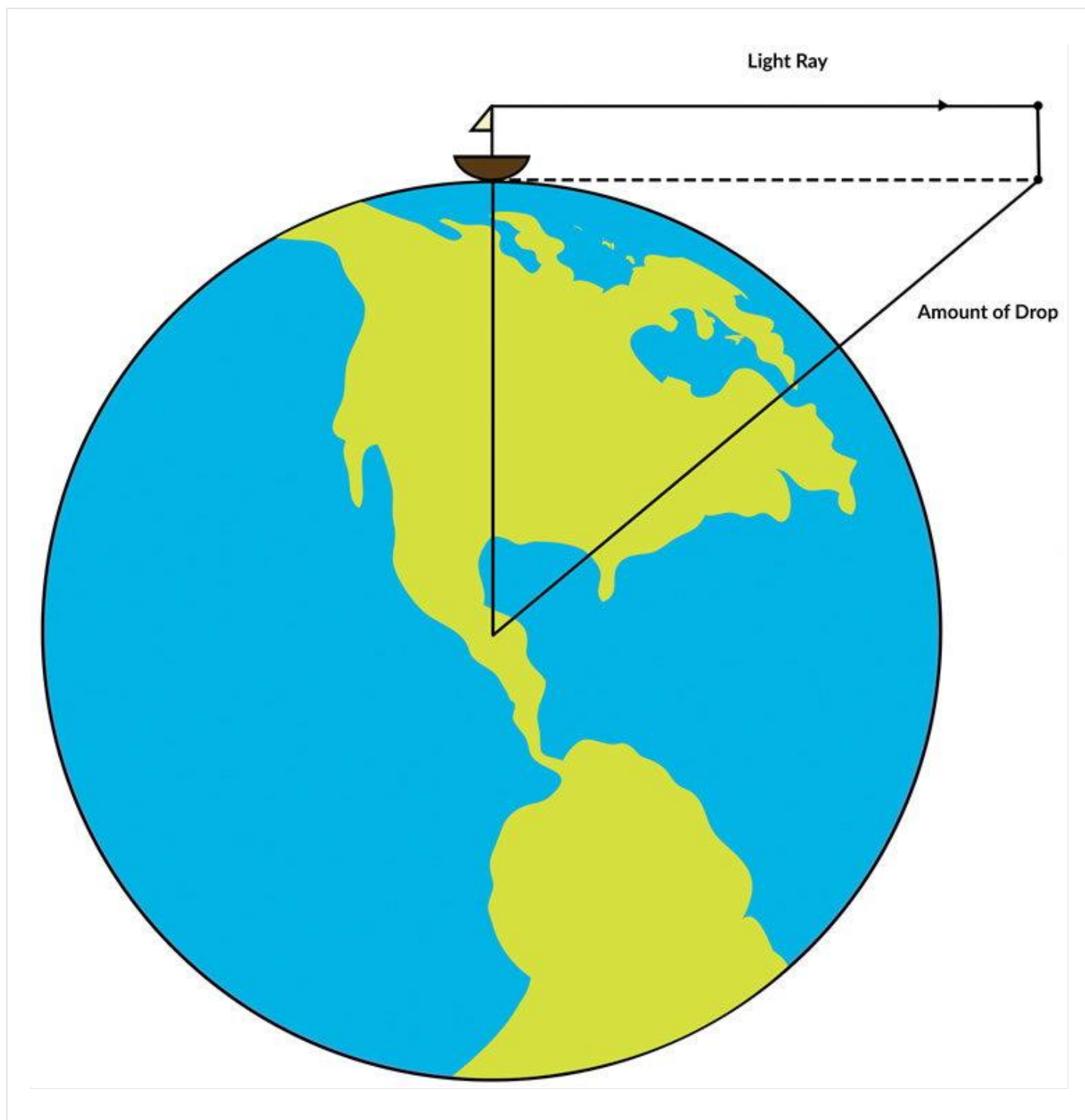


图 3

随着与目标物体距离的增加，地球曲率导致水面偏离光束。在一英里的距离上，水面下降了八英寸，但下降量随距离呈二次方增长。因此，三英里后，水面下降了六英尺，六英里后，水面下降了二十四英尺。这

就是贝德福德水平仪实验的意义所在——地球曲率应该会阻止人们在三英里以外，更不用说六英里以外的地方看到船的桅杆。然而，为了使来自远处物体的光线不可见，它必须沿直线传播。但是，在温度递增的情况下，直线运动会将光线从较冷的空气层以接近掠射角的方式带入较暖的空气层。光线无法做到这一点，因此它会不断地发生内部反射，导致光线绕过地球边缘弯曲。因此，在温度递增的情况下，当人们在水面附近观察时，可以看到位于地球曲率边缘之外的物体。

由于这个图像出现在目标物体上方，因此被称为上蜃景。由于冷空气没有上升的物理原因，逆温层是一种稳定的状态，对流很少，不像产生下蜃景的情况那样。因此，上蜃景可以非常稳定，比下蜃景稳定得多。此外，由于折射几乎是连续发生的，而不是集中在一点，所以上蜃景通常是正立的，而不是倒立的。如果稍微提高高度，就可以脱离逆温层，从而避免看到上蜃景。[在我之前的文章中](#)，我指出阿尔弗雷德·罗素·华莱士在重复贝德福德水平实验时就是这么做的。罗素没有看到他所观测到的远处目标物体，这与地球是球形的这一假设相符。罗素正确地解释了这种效应，但罗伯瑟姆没有。

我自己的实验

由于水面上经常出现逆温现象，因此相对容易设计一些实验，使地球曲率之外的远处物体也能被观测到。其中最著名的例子或许是隔着密歇根湖拍摄的芝加哥天际线照片，拍摄地点距离芝加哥约 60 英里。摄影师约书亚·诺维茨基（Joshua Nowicki）并不宣扬地球是平的，但地平论者多次引用他的照片，例如[这里](#)，作为地球是平的所谓证据。地平论者似乎并不了解这些照片的罕见程度。如果地球是平的，那么几乎每个晴朗的日子里，都能透过密歇根湖看到芝加哥的天际线，但事实并非如此。如果地球是球形的，那么当船只远离观察者时，船体应该会消失。由于船只必须航行很远才能使这种现象变得明显，因此很难用肉眼观察到。

与芝加哥天际线一样，互联网上有很多图片（通常是视频），显示远处船只的船体清晰可见。这些照片大多拍摄于温暖的天气，例如春末夏初，此时水温通常远低于气温，从而形成逆温现象。然而，如果在水温高于气温的水面上重复这个实验会发生什么呢？由于不存在逆温现象，船体应该会消失。这种情况很可能出现在秋末冬初的凉爽日子里，此时水温高于气温。这种天气也会产生下蜃景，但远不如阳光明媚的夏季陆地上那么明显。

2016 年 11 月 12 日，我有机会进行这项实验。那天下午，我待在弗吉尼亚海滩，靠近水边，就在海浪之外。实验开始时气温是华氏 50 度（约摄氏 10 度），到日落时分结束，气温下降了一两度。水温在华氏 62 到 64 度（约摄氏 17 到 18 度）之间，因此水面上方的空气温度至少比水面上方不远处的空气温度高十度（约摄氏 5.6 度）。我拍摄了两艘货船从汉普顿锚地港口驶向大海的画面。我将一台数码单反相机安装在一台 3.5 英寸的 Questar 望远镜上，该望远镜的焦距为 1200 毫米。所有照片的 ISO 设置均为 100。

第一张照片（图 4）是一艘货船，船体上印有公司名称。该公司是日本大型航运公司 NYK Line。请注意，字母的底部不可见。即使满载，货船船体上的字母也不会延伸到水线，因此船底显然不可见。这符合球形地球的预期，但与平面地球的预期不符。请注意左侧的白色桥楼。集装箱是彩色的，在桥楼正前方，它们堆放在船体上方至少七层高。在可见的彩色集装箱层下方，还有一层看似灰色的集装箱。目前尚不清楚为什么这一层的集装箱颜色相同。最后，请注意图像略显模糊。这是由于船舶与海岸之间的空气湍流造成的。随着距离的增加，湍流会加剧，图像也会变得更加模糊。



图 4

在下一张照片及后续照片中，船只距离越来越远，这可以从船只视觉尺寸的缩小看出。在图 5 中，开始出现下蜃楼。在水边，可以看到一条灰色的线，那是船体正上方一排灰色集装箱的下蜃楼。在船的右侧，可以看到船首的下蜃楼。船体在那里向前突出，其上方的小块白色区域是前甲板的一小部分。请注意，正如预期的那样，船首的下蜃楼是倒置的。虽然在这里很难看清，但船体上的文字也出现了下蜃楼。



图 5

在下一张照片（图 6）中，船体上的文字已经消失。灰色集装箱层在下部海市蜃楼中更加清晰可见，而第一层彩色集装箱也开始出现在下部海市蜃楼中。在下一张照片（图 7）中，灰色集装箱层及其下部海市蜃楼的光线开始融合。其上方的第一层彩色集装箱在下部海市蜃楼中清晰可见。驾驶室的白色部分也开始在下部海市蜃楼中显现。在图 8 中，灰色集装箱层完全消失。驾驶室底部及其下部海市蜃楼已经融合。船体完全不可见。在下一张照片（图 9）中，船舶已经转向，因此我们可以看到驾驶室的后部和船尾的集装箱。

船体底部的大部分实际上是上方集装箱的下部海市蜃楼。无论如何，船体显然已经完全不可见。最后，在图 10 中，所有集装箱都已消失。我们所能看到的只有桥堡的背面，它与倒置的下海市蜃楼融为一体。请注意两者之间的对称性。



图 6



图 7



图 8



图 9



图 10

如图 11 所示，另一艘集装箱船驶向外海。这张照片是从弗吉尼亚海滩码头的支架上拍摄的。您可以清晰地看到船体上印着航运公司“马士基航运”的字样，船体呈蓝绿色。字母下方看似污渍的地方，实际上是字母的下表面幻影。与船体上方常见的灰色集装箱不同，这艘船上船体上方的集装箱层呈现深红色。与之前的船只一样，在随后的照片中，这艘船也越来越远，集装箱和船只的视觉尺寸也逐渐缩小。

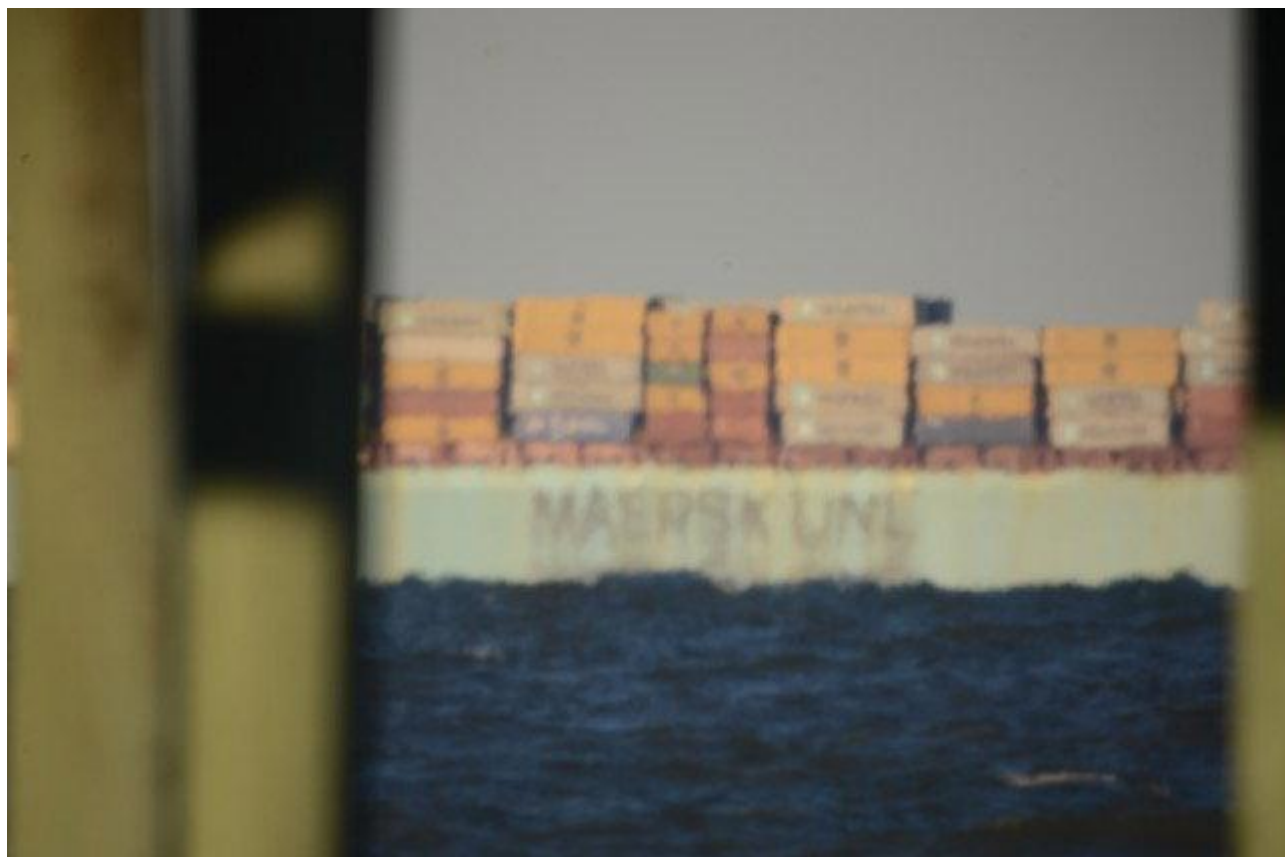


图 11

在图 12 中，船体出现在码头之外。请注意，船体上文字的下蜃楼现在更加清晰可见。在图 13 中，文字及其下蜃楼尚未融合。在图 14 中，文字难以辨认。这可能是因为大部分文字位于地平线以下，而看似船底的部分实际上是船顶的下蜃楼。这一点可以从绿松石色下方第一层红色集装箱的下蜃楼中清晰地看出。在图 15 中，底层集装箱的下蜃楼更加明显，桥楼底部的下蜃楼也开始显现。显然，这里可见的绿松石色至少有一半是下蜃楼。船体的大部分位于地球曲率下方。遗憾

的是，此时太阳即将落山，光线迅速减弱，迫使我使用更长的曝光时间。至此，我停止了拍摄。



图 12

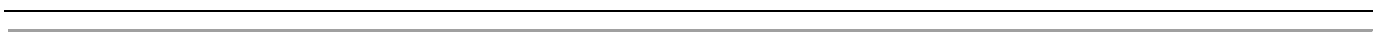




图 13

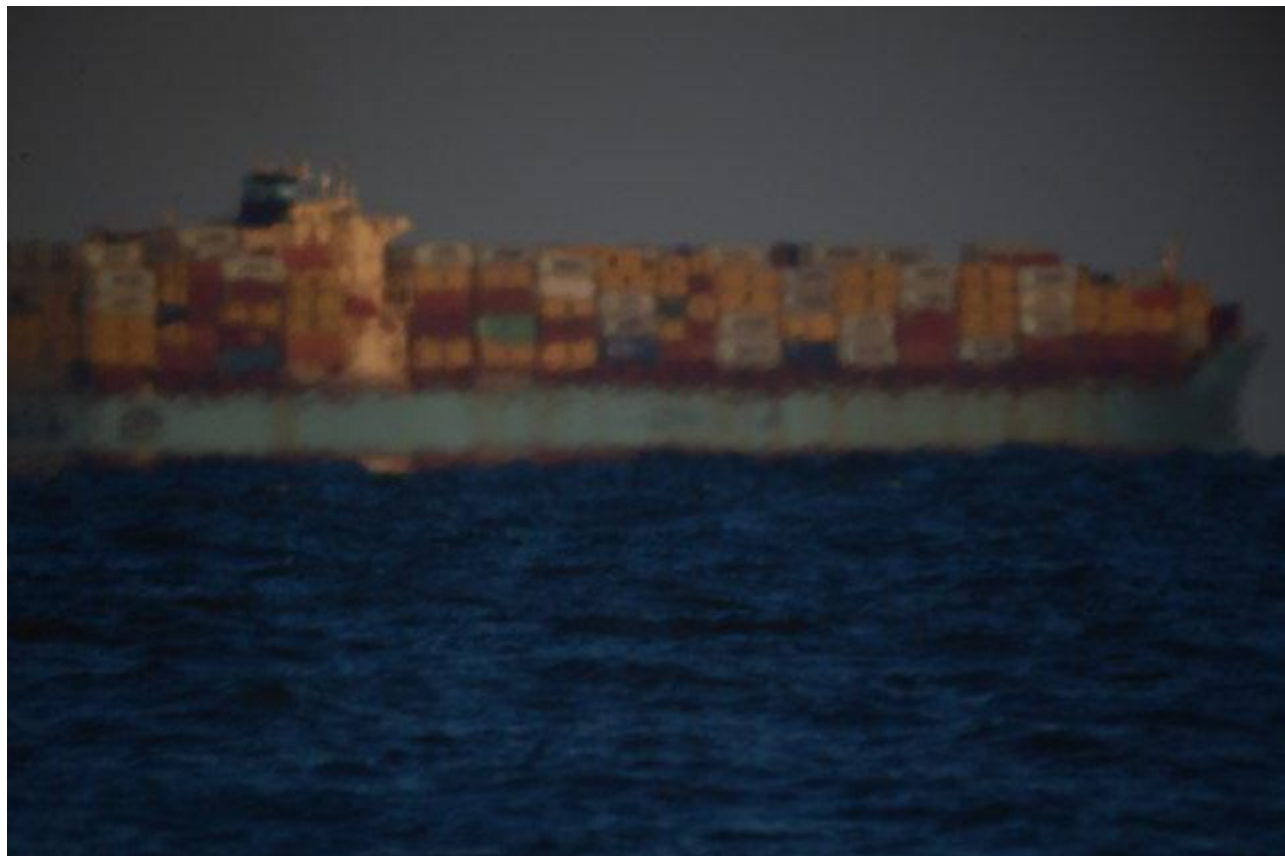


图 14

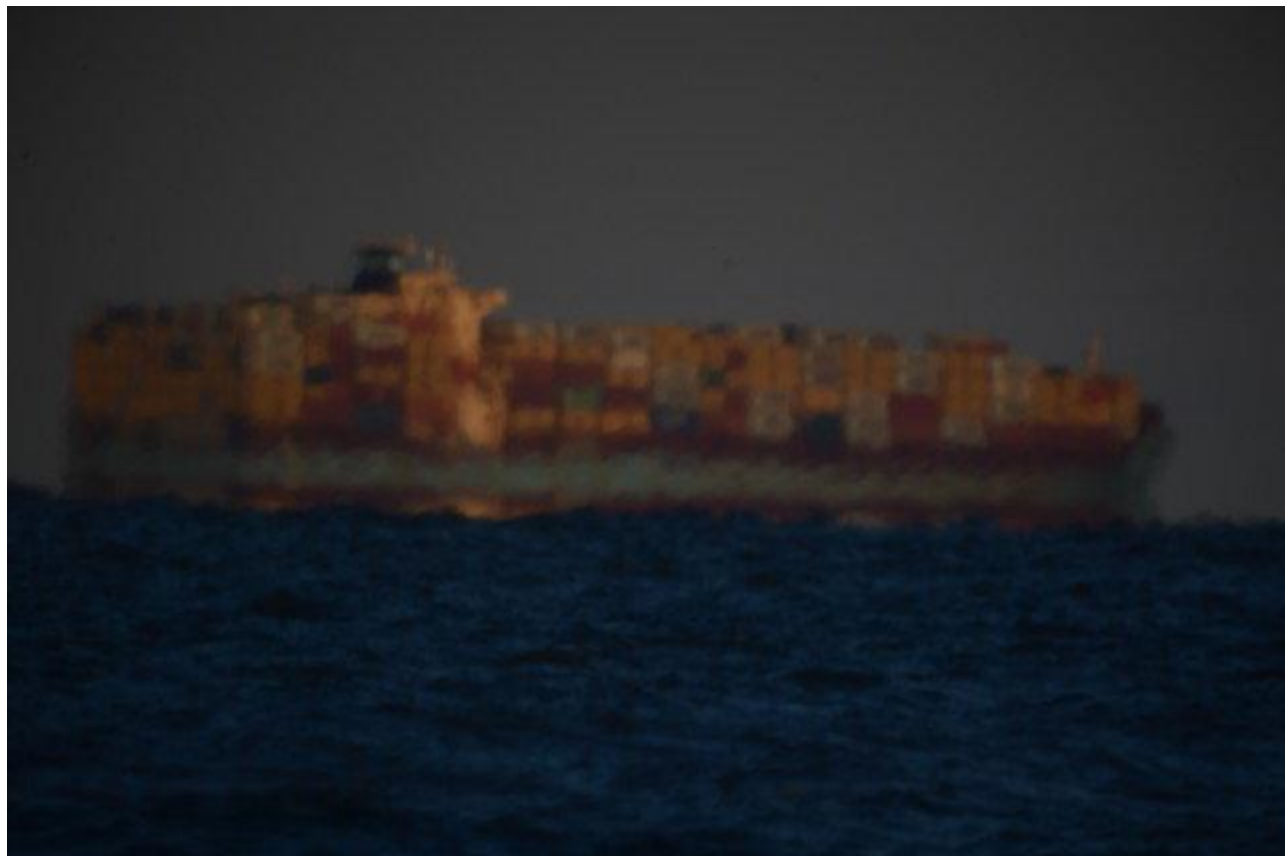


图 15

结论

这些照片清晰地显示，随着两艘船驶离，它们的船体逐渐消失。这与地球是球形的假设相符，但如果地球是平的，则无法解释这一现象。因此，这有力地证明了地球是球形的。本文呈现的结果与互联网上许多声称能证明地球是平的、拍摄地平线以外物体的照片相矛盾。这些所谓的证据存在缺陷，因为它们没有考虑到温度逆增引起的大气折射。通过在没有温度逆增的条件下进行实验，我避免了这一复杂因素。照片中持续出现的下蜃景证明不存在温度逆增，这表明水面下

存在一个略微温暖的空气层，其上方是略微寒冷的空气层。

读完这篇文章，你心里是否有一些触动？有没有一些新的想法，或者值得你认真思考的问题？或许，你也开始重新思考自己的信仰和人生的方向。

如果你愿意，现在就可以向上帝祷告，打开心门，成为祂的儿女。祷告不需要华丽的言辞，只要一颗真诚的心。你可以这样祷告：

天父上帝，今天我来到你面前，愿意立定心志，宣告我相信耶稣基督是我的救主，是我生命的主。我愿意离开过去那些不讨你喜悦的生活方式，求你赦免我的过犯。靠着你的恩典，帮助我学习顺服你、爱人如己，活出你所赐的新生命。求圣灵每天引导我、扶持我，使我一生荣耀你的名。奉主耶稣基督的名祷告，阿们。

如果你已经做了这个祷告，愿你知道，你并不孤单。信仰的道路需要陪伴和成长。鼓励你在自己居住的地方，寻找一间合适的教会，与弟兄姐妹一同聚会、学习和成长。

如果你有任何疑问，或在信仰上需要帮助，欢迎随时写信与我们联系。我们愿意倾听，也愿意与你一同前行。

