利用火箭和卫星研究宇宙空间

苏联“真理报”

1957年10月4日，苏联发射了第一个人造地球卫星，这个历史性的日子开始了征服宇宙的时代。第一个卫星的重量是83.6公斤。

刚过一个月，1957年11月3日，继第一个卫星之后，又发射了第二个人造卫星，它载有较为复杂的仪器和试验动物——小狗“莱伊卡”。这个卫星重508.3公斤。

1958年5月15日又发射了第三个人造卫星，重量是1,327公斤，它是一个真正的空中科学实验室。

1959年1月2日发射了第一个宇宙火箭，这是苏联科学家、设计师、工程师和工人所获得的又一重大成就。在距离月球不远时，火箭就永远脱离了地球，成为太阳的一个卫星——第一个人造行星。这项成就是以苏联火箭技术的成就为基础的。

现在回顾一下各个人造卫星的主要参数。第一个卫星存在了92天，第二个存在了162天，第三个将存在到1959年秋季。第一个卫星围绕地球开始的运行周期为96.2分，第二个——103.7分，第三个——105.95分。第一个卫星远地点的高度为950公里，第二个——1,670公里，第三个——1,880公里。第一个卫星近地点的高度为227公里，第二个——225公里，第三个——226公里。

三个苏联卫星的轨道都与赤道平面成 65° 的交角。由于空气的阻力，各个卫星的轨道不论在大小或形状上都逐渐有所改变。轨道越来越缩短，并日益接近地球表面。因为轨道长轴的长度一直在缩小，那么根据开普勒第三定律，卫星绕地球运行的周期也就不断在缩短。运行周期改变的速度是取决于大气对卫星的阻力。对各个卫星运行周期的改变细加分析，可以确定大气的某些物理参数，并可阐明其昼夜和纬度的差异。

根据卫星上各种仪表的读数，可以研究卫星对其质量中心的运动特点，这对正确解释测量结果是极为必要的。

1959年1月2日所发射的多级宇宙火箭，在历史上首次飞进了月球区域，通过了距月球约为5,000公

里的地方，并且脱离了地球引力场而变成了太阳系的第一个人造行星。宇宙火箭上的科学仪器和电源的重量计361.3公斤。宇宙火箭最后一级在燃料耗尽后总重仍有1,472公斤。

从苏联国土上向月球方面发射火箭，较从低纬度地区发射要困难，指出这一点是极有意义的。苏联国土不能与月球轨道平面（这个平面现时大约在北纬 18° 与南纬 18° 之间）相交，为了飞到月球区域就不可能利用月球轨道平面上各种最有利的轨道。这些轨道能使宇宙火箭在最有利的条件下实现加速飞行，即火箭在加速飞行段的飞行方向与它所处地点的地平面构成很小的偏斜度。当火箭在月球轨道平面上运行时，为了在给定距离上接近月球所需要的控制火箭系统的准确度也可以小些。这一点也是很重要的。

要知道，一个月內各天发射宇宙火箭的意义并不一样。在苏联境内发射火箭，当月球轨道在南纬 18° 附近形成最小的偏斜时，才最为有利。距此条件太远，就要减少有效荷载，于是就要减少科学仪器的数量，甚至不能发射。选择这一天来发射宇宙火箭，是为了在火箭接近月球时与最佳状况最接近。

发射点愈益接近月球轨道平面，选择发射有利日期的问题就愈不重要。

由于苏联制造的火箭具有高度完善的结构，在宇宙飞行上才能获得这样的成就。在设计 and 制造火箭时，利用了苏联科学技术的最新成就。创制完善的运载火箭，要经过巨大的科学研究工作，并要依靠我国工业的高度发展水平。我们已制成大功率的、高效能的、使用高热值燃料的火箭发动机。创造了控制火箭飞行的自动系统，这类系统能保证火箭在空间的稳定，并能精确地沿加速段上的给定轨道飞行。为了将人造卫星引入具有给定参数的轨道，或者为了实现既定目的的宇宙飞行，对加速飞行段终点的座标和分速计算值必须极为精确。苏联在发射各个卫星和宇宙火箭时，成功地解决了上述的极其复杂的问题，这是现代自动化科学的卓越成就。

苏联人造地球卫星和宇宙火箭的发射，获得了研

究大气高层和宇宙空間方面有根本科学意义的各种結果。

以下根据苏联科学院院长 A. H. 涅斯米揚諾夫 1959 年 3 月在苏联科学院全会上所作报告的材料, 对那些科学数据基本上已加分析的試驗結果, 闡述于下:

地球附近和宇宙空間的宇宙輻射的研究

近年来在研究宇宙綫方面所进行的工作, 无论对解决有关超高能量条件下的粒子相互作用的問題, 或者对解决宇宙綫起源的問題, 都取得了許多有意义的成果。苏联物理学家和天体物理学家所发展的超新星爆发时产生宇宙綫的理論, 将宇宙射电輻射和宇宙綫这类現象統一起来了, 并提供了解决宇宙綫起源的新途径。为了証实和进一步发展有关宇宙綫起源的理論, 为了扩大我們对星际和行星际空間特性的概念, 就需要获得在离开地球一定距离內的, 即在已不受地球大气和地磁場影响的这一段距离內的有关原始宇宙綫和粒子流的更精确的新資料。同时, 还必须取得有关粒子流强度随時間而变化以及粒子流的“化学”成分和粒子能量譜的資料。

从第一批人造地球卫星进行試驗时, 就向宇宙綫研究者提出了上述任务。然而, 結果是出乎意料的, 除了原始宇宙綫之外, 在高空中曾发现了由能量較小的粒子組成的强度极大的輻射。

苏联第二个人造地球卫星, 首次对地球外层大气的宇宙綫进行了长期的研究。1957 年 11 月 7 日莫斯科時間 4 时 36 分, 当人造卫星正在飞过地磁緯度 55° 的区域时, 记录到的輻射强度增加了 50%。在同一時間內, 地面观测站並沒有记录到有关强度增大的任何跡象。可見, 这一效应是由于沒有达到地球表面的較小能量粒子所引起的。

在苏联第三个人造地球卫星上装有极为灵敏的仪器——閃爍計数器。到目前, 对卫星在地球各地区上空各种高度飞行时所作的大量记录作了分析。记录表明, 无论人造卫星进入地磁緯度的北緯或南緯 55° — 65° 时, 在所有的情况下都观测到 X 射綫强度的急剧增加。对已得資料的分析証明, 仪器记录到的輻射是由于电子轰击人造卫星外壳而造成的。这些电子的能量为 10 万电子伏或者小些。这些試驗还表明, 在离开地球时, 所观测到的輻射强度是逐漸增大的。

这一事实証明, 粒子不是直接来自宇宙空間, 而是沿着磁力綫作振盪运动。对能量不大的带电粒子說

来, 地球磁場是一个特殊的“捕集器”。粒子在捕集器中能够在很長時間內沿着实际上是閉合的軌道运动。

从实验所得数据中可以看出, 在与地球相交于較 65° 为高的磁緯的磁力綫上, 这些条件得不到滿足, 因此接近两极的地区不受輻射影响。輻射可占据的空間地区称为外輻射带。

1959 年 1 月 2 日发射的宇宙火箭已获得了有关外輻射带的最詳細資料。图 1 表示一个測量电离用仪器的讀数与距地球中心距离的关系曲綫。水平軸表示以地球半径来度量的距离, 垂直軸則以每秒钟电子伏的数字来表示輻射强度。

图 1 輻射强度的变化与距地球距离的关系

宇宙輻射的强度随距离地球的远近不同而有所增长和变化, 在距离地球相当于四个地球半径的时候, 它的强度达到了頂峯, 即增大了几百倍, 但再向外伸展时, 强度便陡然減弱, 在相当十个地球半径的距离之外, 宇宙輻射就达到了在行星际空間的一般常态。

宇宙火箭的仪器不仅能明确外輻射带的空間分布情况, 而且也能获得有关該带中带电粒子构成的新知識。在最大强度区域中的电子有效能量是二万五千电子伏左右, 而在外輻射带的边界上, 电子能量則将近五万电子伏。火箭从距十个地球半径的外輻射带出来以后, 上述仪器又十分精确地測量了行星际空間中的原始宇宙綫以及硬电磁輻射(X 和 γ 射綫)的强度。

除上述高强度的外輻射带外, 尚有內輻射带。美国人造卫星的試驗发现了在赤道区域中 1,000 公里以上高空的輻射强度很高。

苏联第三个人造卫星所获得的有关这一現象的詳細資料証明, 从地磁南緯 35° 到地磁北緯 35° 的带, 在近 1,000 公里的高空中布满了內輻射带带电粒子。东半球和西半球內輻射带的下界高度是不同的: 在东半球为 1,500 公里, 在西半球为 500 公里。这种情况是由于磁偶极子場对地心的偏移而引起的。

与外輻射带不同, 在內輻射带发现了高能量粒子。

分析第三个人造卫星获得的资料证明, 这些粒子是能量达一亿电子伏的质子。

图 2 的阴影区域是苏联物理学家发现的距地球很远的外辐射带。黑色区域是高能质子区。

图 2 地球周围辐射增强区域的形状实线——宇宙火箭运动的轨道

在第三个人造地球卫星和宇宙火箭上也曾作过记录短程粒子流的实验。发现了这些粒子形成的很强的粒子流。这是具有能量近一万电子伏的电子。电子通常按接近垂直于磁力线的方向运动。显然, 这种辐射的强度从赤道到两极逐渐增加。辐射一直伸展到相等几个地球半径的距离。

发现了一种将有助于阐明大气上层中所发生的一些过程的现象。迄今为止, 关于极光还没有令人满意的解释。被发现的强大的粒子流可能会提供对这一现象的答案。事实上, 在地球附近一直蕴藏着一种巨大的能量——运动速度很高的电子。这种电子的一部分周期性地进入大气低层, 可能正是因此而形成了极光。

运动速度很高的电子在与大气上层的原子和分子相碰撞时, 便会产生 X 射线, 特别是在极光分布最多的区域内。这样, 地球大气便成为 X 射线源。这种射线进入 100 公里以下的高空, 引起了密度更高的大气层的电离化。

另一部分 X 射线则射到外层空间。于是, 地球(可能还包括其它行星)便会成为 X 射线源。

地球附近粒子辐射带的性质和起源, 是物理学家、地球物理学家和天体物理学家最感兴趣的问题。从发现这一新的现象到目前为止, 只经过了很短的时间, 因此还不能就各种解释此现象的假说进行抉择。

去年夏天在莫斯科召开的国际地理物理年专门委员会的会议上, 曾经提出如下的假说: 在宇宙线的作用下, 地球和其它天体一样成为中子源。这些中子是由于地球大气成分中的原子核被宇宙线破坏而产生的。这些中子是不带电荷的, 它们穿过磁场, 无阻碍地远离地球。在地球附近, 部分中子发生蜕变, 成为带电粒子——电子和质子。这些粒子的能量较小, 因而被地球磁场“锁”在一定空间内。它们既不能进入地

球大气中, 又不能飞到行星际空间。于是, 这些带电粒子便会长久地滞留在远离地球数千——数万公里地球磁场内。在离地球这样远的地方, 原子的数量极少, 因而与原子碰撞的机会也就很少, 并且上述粒子的能量也就衰减得很慢。在这样长时间中, 带电粒子的数量愈集愈多, 辐射强度也就愈益增高。目前, 可以认为正是这一过程产生了内辐射带中的高能质子。

为了全面阐明内辐射带的结构, 必须弄清楚: 是什么方式的粒子逸出内辐射带的过程制约着内辐射带的空间范围。

有两种假说试图解答这个问题。一种假说认为, 在高空中高能质子的逸出由于磁场的减弱而急剧加强。另一种则认为, 逸出是因为在地磁纬度大于 35° 的地方磁场迅速变化。

作为解释外辐射带生成现象的最有希望的一种假说, 认为它是由于来自太阳的带电粒子流的作用而发生的。当太阳活动加剧时, 太阳射出带电粒子组成的凝块, 其中也带出了一部分太阳磁场。这些凝块的磁场能够成为“捕集器”, 在这些捕集器中聚积大量在太阳上形成的粒子。随后, 这些粒子可能被“喷入”地球磁场所形成的“捕集器”。结果在地球附近便出现了来自太阳的粒子。

最后, 必须指出, 如果原子爆炸的散落物进入高空, 他们就会在那里形成强大的带电粒子流。而因为这些粒子的能量小, 它们便会被“锁”在磁场“捕集器”中。因此, 原子爆炸可使地球附近的宇宙空间“污染”。

虽然自从 1957 年 10 月 4 日发射了第一个地球卫星后仅仅过去了一年半多一些, 人造地球卫星和宇宙火箭的飞行已经作出了杰出的发现。曾经被看作是真空的地球周围的空间, 现在已经被证明是在实践和科学上极为重要的现象发生的场所。

可以作出对于天体物理学具有根本意义的预言, 即任何一个有着磁场的天体的周围都存在着这种粒子辐射带。宇宙的性质在行星附近发生了重大的变化, 而且这种变化的范围较这些天体的大气范围大许多倍。

根据宇宙火箭考察到的材料, 行星际空间中宇宙线对未来的宇宙飞行者的机体将不会产生特别有害的影响。自然, 必须说明, 这一结论是指当宇宙火箭飞行时宇宙处于较为平静时的状态而言的。

在地球附近的最大辐射区域, 辐射强度很大。因此, 当宇宙飞船在地球附近(可能还包括其它行星)

飞过时，应当估計到运动速度很高的粒子袭击飞船船身的危险。这种袭击可能給生物机体带来放射性疾病。

对这种辐射的防护是可能的嗎？已获得的材料証明，在外辐射带，防护是能够作到的，尽管为了防护需要增加飞船本身的重量。同时，在粒子能量很高的內辐射带中，有效的防护设备需要更多地增加飞船的重量，因此，未来宇宙飞行所乘坐的火箭的弹道应当这样确定：在辐射带中，尤其是在內辐射带中飞船飞行的时间不能过久。

在第三个人造地球卫星上，装置着用来研究宇宙綫中超重原子核存在問題的仪器。契連科夫探测器曾記錄到每个核子的动能超过 3 亿电子伏的原子核。这种仪器是用来記錄两类原子核的：电荷大于 15 的和电荷大于 35 的原子核。对于数据的分析表明，每分鐘平均有一个电荷大于 15 的粒子通过仪器。在九昼夜中，用来記錄較重原子核的波道仅仅有一次动作。这就是說，应当认为，重原子核流是很弱的。这一事实对于进一步研究宇宙綫起源的理論具有重大的意义。

对高层大气的研究

发射卫星和火箭所提出的最主要任务之一，是要研究高层大气的结构。高层大气的范围，是从大約 200 公里的高度一直延伸到大气的外緣。研究高层大气是与解决一系列困难問題关联着的。

問題之一是高层大气的热平衡問題。在 200 公里的高度，周围环境的温度等于 $800-1,000^{\circ}\text{C}$ ，以后增高到 $2,000-3,000^{\circ}\text{C}$ 。由于温度的数值很高，所以大气密度随高度增加而減低得比較緩慢。高层大气的这样高的热度，究竟是从何而来呢？我們用前面提到的火箭和卫星所得的关于这个問題的一些数据，得出了新的結果。

在试图解释大气电离平衡，即在自由电子和离子的发生与它們的中和之間达到平衡的过程这个問題的时候，曾遇到了不少的困难。如果从以下观点出发，即认为中和过程是通过电子与正离子借助于放出光量子的能量而进行的，那末，实验結果与理論計算要相差千倍至万倍之多。

事实表明，当有其他粒子参加进去的时候，这个过程进行是极其微妙的，这些粒子象催化剂一样，大大地加速了这个过程。

为了調节电子的中和过程，这些粒子只占中性粒

子或自由电子数的万分之一或十万分之一就足够了。例如，一氧化氮的正离子就可以作为这种催化剂，这种离子是在 200 公里以上的高度，借助于安装在第三个苏联人造地球卫星上的质谱仪而发现的。

这些研究对于实践所起的作用是巨大的。大家都很熟悉，正是由于电离层的电磁性質，无线电波才能传播到很远的距离。

这里可以指出一个有趣的现象，这个现象虽然在过去也知道，但在观测苏联地球卫星信号时表现得更为显著。这个现象称之为对蹠效应，具体表现为：在地球上与发送电台处于对蹠地位的地方所收到的信号，其强度有所增大。根据第一个卫星的无线电信号在南极和平村接收結果的記錄，可以看出卫星正在和平村上空和在和平村的对蹠点时的 20 兆赫无线电信号的接收情况。象这样的情况，即在电离层中长时间存在着使无线电波“流向”地球的对蹠区的有利条件，是具有很大意义的。

但是我們也知道电离层对于实验的不利之处。在研究用无线电方法控制未来的星际飞船的时候，电离层的影响可能在决定飞船的座标、速度等等中引起誤差。为了排除这种誤差，必須了解电离层的结构。鉴于以上所述，苏联科学家近来获得的科学結果，其意义就更为明显。

在高层大气的研究中，測定大气密度是很重要的。在第一个苏联卫星发射之前，所获得的确实可靠的数据仅限于 150—180 公里的高度。及至 250 公里的高度，所用各种方法获得的数据，彼此之間矛盾很大；而关于 300—350 公里以上的大气密度，則是一无所知。

苏联科学家用各种方法对大气密度作了研究。根据卫星在繞地球运轉时，由它們的制动所引起的時間变化，可以十分准确地軌道的近地点測定其与大气密度成比例的数值。

第三个卫星上曾装設了特种类型的气压計，借以对 225—500 公里高度范围的空气密度作了測量。

此外，根据第一和第二个卫星的无线电信号所測定的电子浓度，对 320—1,000 公里高度处高层大气密度的平均变化作了計算。也曾利用了一种独特的对鈉云的扩散进行观察的方法，这种鈉云是发射高空火箭后在 430 公里高度噴出的。根据鈉云的扩散特性，在扩散理論的基础上計算出了上述高度的大气密度。类似的鈉云，后来在苏联宇宙火箭上形成人造慧星时进一步加以利用。

密度測定的結果示于图 3。在这个图表中，根据

現有資料把密度換算成為每立方厘米的中性粒子數。

這些研究的結果是一致的，根據這些結果，第一次準確可靠地確定了 600—800 公里高度的大氣密度。它們也證明了在衛星發射前存在著的一系列概念，有不少是錯誤的。根據這些數據，作出了大氣模型。通過對衛星制動的經常觀測，揭示了緯度的和晝夜的密度變化。根據衛星的制動，也獲得了一些關於高層大氣溫度的數據。在 228 和 368 公里的高空中，溫度在 800—1500°C 範圍內變化。

圖3 用各種方法獲得的中性粒子密度隨高度變化的曲線。

圖中●為根據對蘇聯衛星制動的研究所測定密度的結果。

○為根據鈉雲擴散而測定密度的結果。

*為根據對蘇聯及美國衛星制動的研究所，在世界文獻中常用的數據。

實踐相當於用裝在第三個蘇聯衛星上的氣壓計和根據第一個蘇聯衛星的無線電信號而獲得的結果。

在 226—1000 公里的高空中，曾利用裝置在第三個衛星上的質譜儀獲得了大量表明電離層化學成分的正離子質譜。在原子質量數 6—48 的範圍內進行了測量。質譜儀的測量結果，表明質量數 16 的離子為數最多。從 226 公里到至少 800 公里的高空中，原子氧是基本的气体成分，電離層就是由於它而產生的。

除了原子氧的離子以外，也記錄到原子氮的離子；同時還發現了 28 和 30 原子量單位的重粒子。質量為 30 的離子可能就是一氧化氮。按上面的說法，在 350 公里高空發現這些粒子，是十分有意義的事，待將來確定這些事實後，可能有助於解決高層大氣電離平衡的問題。

原子氮與原子氧的相對含量，可隨高度和地理緯度從 1% 改變到 10%，並且也可以隨時間而變化。一氧化氮和分子氮等重離子的相對含量，可隨着高度的增加而急劇降低。在 230 公里的高空中，一氧化氮的離子數與原子氧的比為 25—40%。

已獲得的大量資料證明，電離層成分與地理緯度具有一定的關係。特別在 226—260 公里的高空中，在北緯約 60° 區域內探測到原子氮離子的含量在急劇增加。

由質譜儀獲得的資料說明，衛星在白天的負電位平均約為 5 伏特。

在測定帶電粒子濃度方面，也獲得了重要的結果。利用裝設在地面上的各種無線電儀器，只能測到電離層主最大電離高度以下的電子濃度分布，在各種不同的情況下，電離層的主最大高度約在 300—400 公里之間變化。在主最大電離高度以上，電子濃度的分布情況，在第一個衛星發射前，始終還是個謎，雖然有些科學家，特別是根據美國火箭探空的數據，曾經認為在主最大電離高度以外的高空，電子濃度迅速下降了。

蘇聯已採用各種方法研究了這個問題。現在，對第一個衛星無線電信號軌跡的分布，已經測定主最大電離高度以上在 320—650 公里高的電離層電子濃度的平均分布。

1958 年 2 月 21 日，垂直發射的蘇聯地球物理火箭第一次直接測量了在 470 公里高空電子濃度的分布情況，在 1958 年發射其他火箭時也獲得了類似的數據。

在第三個衛星上，首先利用直接法測量了在 900—1,000 公里高空衛星軌道上的正離子濃度。測量是用所謂離子捕集器進行的，並已獲得大量的實驗數據。由於高層大氣的正離子濃度接近於電子濃度，因此這些實驗可以提供電子濃度的情報。利用捕集器進行的試驗還能測量衛星相對於周圍介質的負電位，負電位在太陽照射到的軌道區域等於 1—7 伏特。

快速電子作用於衛星的效果，同樣可以闡明衛星的負電位值，這種快速電子的能量大大超過大氣粒子的平均能量。

關於主最大電離高度以上的高空中帶電粒子濃度的研究結果，可參閱圖 4 和圖 5。主最大電離高度以上電子濃度的下降比在低電離層電子濃度的增加要慢一些。

根據這些數據向較大的高度上外推可以設想，在 2,000—3,000 公里的高空中電子濃度應達到每立方

厘米不少于数百个电子的值，也就是说，等于行星际气体的平均密度假定值。现在看来，地球大气至少伸展到 2,000—3,000 公里，从而否定了过去的大气只达到 1,000 公里左右高空的说法。

图 4 1958 年 5 月 19 日在莫斯科时间 11 时左右由装在第三个苏联人造地球卫星上的离子捕集器所获得的正离子浓度与高度变化的曲线。实线是测量数据，虚线是应用内插法得到的数值。

图 5 1957 年 10 月 5—8 日 7 时 40 分—9 时 40 分根据第一个苏联人造地球卫星无线电信号记录整理后的电子浓度与高度变化的曲线(实线)，以及 1958 年 2 月 21 日 11 时 40 分发射高空地球物理火箭记录到的曲线(双线)。虚线表示应用外推法得到的数值。

行星际气体的研究

苏联宇宙火箭初次进行了有关直接研究行星际物质的气体成分的试验。

装置在宇宙火箭中的仪器是为了第一阶段的研究，即直接观测地球与月球之间的行星际离子化气体。这种仪器有四个三极的正离子(质子)捕集器，捕集器的网状壳充电到对容器外壳具有各种电位。这样的仪器不可能充分顾及到在进行测量时壳对周围介质的电位影响。因此，利用这些仪器不能精确测量正离子的浓度(精确测量将在今后才能办到)，而根据记录下来的电流数值仅可获得初步估计。这些捕集器的收集器电路中由正离子所产生的电流，可以表征火箭路径上离子化气体粒子的浓度。

目前，试验的结果还在进行整理。但是现在已经能够提出某些具有重大意义的资料。

根据初步资料，在 1,500 公里高空，在不受日光照射的区域里的大气，每立方厘米中正离子的浓度为 1000 个；在 2,000 公里的高空(同样是在未受日光照射的区域内)，正离子的浓度约为上述的 2/3。距离地球表面 21,000—22,000 公里的地方，正离子的浓度约等于 2,000 公里高空处阴影区域内的离子浓度。在距离为 11—15 万公里上，由捕集器所记录的电流可以算出在火箭经过的路径上，正离子的浓度约为每立方厘米 300—400 个。

这一实验装置，初步可估计出行星际空间离子化气体的浓度，这些数据不是根据间接的可作不同解释的地面观测数据，而是根据直接测量得出的。

地磁研究

关于外层空间中的地磁场的知识，对于许多地磁学的问题来说，是具有重大意义的。根据装在苏联第三个人造地球卫星上的地磁仪所取得的地磁记录图的分析结果，可以作出在地球物理学上有基本意义的一系列结论。

根据关于地磁日变化的现代概念，可以期望在卫星两次沿同一地球弧线飞行的时候，对磁扰现象进行最有效的探究，其中一次在磁静时，另一次则在磁扰时，但要尽可能在同一天中的不同时刻进行。在上述情况下测得磁场的二个数值之差，应该与外部电流系

环效应或者与它的一部分效应相等。而且对于地球的白昼和黑夜部分上的相应轨道线段来说,此差值还应该具有相反的符号,因为正的磁扰旋涡和负的磁扰旋涡是同时存在的,而卫星经过的时间则有12—15分钟。

图6 地磁场强度随高度的变化曲线。图中用图圈划出的是苏联宇宙火箭在飞行中发现的外电离层电流环的效应。纵坐标为地磁场强度,单位为伽玛。地磁场强度的计算值用黑点表示。实线为测量数据。

第三颗苏联卫星所作的磁场研究,确切地证实了要引起磁扰的电离层的变化。在分析从卫星上收到的磁记录同时,发现了20次磁场快速变化(5—8秒)的正负峰值。这些峰值可能是由于卫星经过电离层时,电离层中的电流系统具有地区性的不均匀所致。

这些结果对于建立电离层的物理模型以及磁扰的定量理论来说,有着重大的意义。

在对地磁场常数进行研究的时候,又取得了新的有价值的资料。最重要的数据是当卫星在东西伯利亚世界性地磁异常区域,即所谓“亚洲最大地磁场”区域的上空飞行时取得的。分析磁记录线图并把它与沿卫星飞行路线上地面的地磁图作一比较,可知地磁异常随高度的降低是缓慢的。这一事实在解决关于世界性地磁异常源的潜藏深度,以及关于地磁场的性质和结构的问题上有着重大的意义。根据它就可以作出关于东西伯利亚地磁异常具有深源的结论。

利用宇宙火箭测量地磁场所得结果,按其本身的意义来说,是特别重要的。磁场强度的测量值与理论计算值之间的差异,在距地心约两个地球半径处就非常明显了,往后即逐渐增大(图6)。

实际的地磁场强度(较理论计算所得的)递减得快一些,大约在距地心20,800公里处达到最小值,约为400伽玛,亦即为地面磁场强度的百分之一左右。此后,磁场强度又见回升,在22,000公里处达到最大

值,800伽玛,然后就再次下落。地磁场的这种变化,只能根据这样的假定来加以解释,即火箭在20,000—21,000公里上空遇到了电流。因此,宇宙火箭上测得的磁变化就证明了外电离层电流系统是的确存在的。

这一事实对于磁暴理论和极光理论来说,有着根本的意义,尤其是在批判地评价目前解释此等现象的假说的时候。

另一个重要的事件是,电流层效应是在完全磁静日出现的,而最相近的大磁扰(磁暴)发生在几乎一个月之前。在磁暴最剧烈期间发生的电离层外电流系统,显然可以在一个很长的时间内继续存在下去。

探测结果无疑地是地磁学以及地球物理学和等离子体物理学等有关学科的理论研究资料。摸清磁场最大值与带电粒子带之间的关系,是很重要的。

装在第三个卫星上的地磁仪,除了测量地磁场以外,还能够取得关于卫星在太空中的方向的数据,和研究它的相对于重心的运动。这些数据在解释卫星上同时进行的大部分探测的结果时是必需的。

微 流 星

为了记录微流星,在苏联第三个人造地球卫星上装有一架可以记录微粒撞击次数及其能量的仪器。它是根据传感器所受冲量而确定,这冲量就是当流星在其表面冲击时所损耗的。

根据微流星的能量与冲量之间的理论关系,应假定粒子的平均速度为每秒40公里,则在仪器的工作期间内,记录到了质量80亿分之一到2亿分之一克、能量由1万尔格到10万尔格数量级的粒子的撞击。

正如在国际地球物理年第五次全会上所报告的那样,1958年5月15日记录到的撞击次数较以后记录到的为多。这一天所记录到的数字是每平方公尺每秒4—11次。和5月15日相比,5月16和17日撞击次数降低到4千分之一,其后又降低到5万分之一,最后降低到60万分之一。

由传感器记录下来的冲量与粒子能量之间的比例系数的数值,最后将由实验(用模型方法)加以测定。

根据用宇宙火箭所作的实验可以作出结论,质量约为10亿分之一克的粒子,可能每数小时与火箭表面碰撞一次。

正如从苏联第三个人造卫星和宇宙火箭的测量结果中可以看到的那样,流星或者微流星的危险性是很小的。

生物学的研究

現在已出現了一個新的科學部門——宇宙生物學。它的主要任務之一是保障人在宇宙空間飛行中的安全。

在火箭上進行的研究表明，實驗動物在飛行中完全可以經受不同性質的因素對機體的作用。由現在積累的資料可以得出結論：在近似宇宙飛行的條件下，實驗動物的主要生理機能狀態沒有發生明顯的失調。大概最複雜的問題是保障動物在地球上著陸。

現在在這方面得到了人所共知的成就。實驗動物可以從數百公里的高空安全著陸。人造地球衛星可以提供更多的可能性，因為，從生物學觀點看來，人造地球衛星上的條件是與宇宙飛行的條件最近似的。

詳細分析由第二個人造地球衛星得到的科學情報，可以取得一系列新的有意義的資料，首先是有關長期失重作用的資料。

當失重時，沒有發現動物的植物性機能有任何不良的反應，這個情況是極其重要的。同時，動物沒有對運動表現出顯著的不安。

圖7為小狗“萊伊卡”在衛星飛行的不同階段內心臟活動變化的動態。圖中的曲線表示心臟收縮頻率的變化。不难看出，衛星被引入軌道時的加速度、震動和噪音，引起了心悸頻率的急劇增大，而達到最大的數值。在失重的條件下脈搏頻率逐漸恢復原狀。

圖7 在不同飛行階段內小狗“萊伊卡”心臟收縮頻率曲線
心電圖(圖8)的鋸齒形波、呼吸運動和活動力，沒有表現明顯的異常。

圖8 在第二個蘇聯人造地球衛星上所記錄的小狗
“萊伊卡”在失重情況下的心電圖

心電圖的間隔的改變一般是符合心臟收縮頻率的改變的。這證明心肌傳導機能沒受損害。

總之，已得的結果明顯地表明，高級動物完全可以經受接近宇宙飛行的條件。

宇宙飛行發展的基本方向

蘇聯的科學家、設計師、工程師、工人、實驗技師在發射人造地球衛星和宇宙火箭（利用它們使直接研究宇宙空間成為現實）當中作出了卓越的貢獻。我們的數學家、力學家、各種專業的物理學家也有很大的功績。實際上任何一門數理科學在不同程度上都參加了解決研究宇宙空間這一重大問題。這種科學和技術的綜合帶來了顯著的效果，由此，現在已可預見到宇宙飛行將來發展的道路。

宇宙飛行的發展在不久的將來將朝着許多方向前進。人造衛星在地球周圍飛行是一個方向，另一方向是解決飛向月球和探明有關月球的問題。第三個方向就是研究太陽系內的空間、太陽系的行星和飛向其他行星。

人造衛星可以解決廣泛的科學和應用問題。蘇聯的前幾個人造衛星已可用來進行大量的研究工作，可用以研究地球大氣外層以及與它毗連的宇宙空間區域中的許多現象。

無論在擴大科學研究範圍方面，或在用人造衛星解決純應用問題方面，都得進一步發展衛星的工作。

需要製造用一定方法使其在空間定向的人造衛星。許多科學問題的解決都需要定向。諸如，對於許多與太陽有關的研究，都希望人造衛星能對太陽定向。對和地球及大氣有關的研究來說，最適宜的定向是使衛星軸之一向着地球，而另一軸則沿其軌道與運動的方向一致。對於天體物理研究來說，衛星最好的定向是衛星的位置與相對不動的恆星保持不變。

最重要的階段是由人在衛星中進行駕駛，為此需要解決大量的極其複雜的問題，即保障安全和造成必要的條件，以解決人在起飛和降落時的超重作用下及沿軌道飛行時失重情況下的生命活動問題。在第二個蘇聯人造地球衛星上用試驗動物所做的實驗，得出了關於宇宙飛行條件對生物有機體作用的科學數據，這是在這方面得到的第一批重要的結果。

多次發表了關於利用特殊的衛星系統來轉播電視的可能性的概念，這樣就可以保障超短波段的遠距離傳送，而不用再設無線電接力站網。

利用卫星可以組成固定的观测站，以观测太阳的微粒辐射，它还可以保证大气外层发生的最重要现象的预报。

如同在航空的初期不能预言今天航空的多方面运用和进展一样，现在还很难预言卫星在科学和实践方面的全部用途。

宇宙飞行发展的第二个方向则是一些和探明月球有关的问题。苏联宇宙火箭表明，飞向月球和太阳系空间的时代已经开始。

可以想象在今后，可能还不是太近的将来，人可以飞到月球上着陆，然后回到地球上来。在月球表面着陆设备的问题十分复杂。由月球起飞和回到地球上来，困难也并不很小。

在更远的将来，在探测月球的过程中，可以设想在月球上建立特殊的同地球上难以到达的地区（如极地）一样的科学站。同时还必须指出这件事的特殊复杂性。只有在火箭技术大大提高和解决了大量的科学和技术问题之后，这件事才可能成为现实。但也说不定在今天看来还完全是幻想和不能实现的计划，会比原来想象的实现得早得多。

宇宙飞行发展中具有独立方向的第三个问题，是和研究太阳系内的空间以及太阳系行星有关的问题。

在太阳系范围内飞行的目的之一，是直接研究行星际介质。利用科学仪器探测行星际空间，可以测定离太阳不同距离上的行星际气体的密度，测定行星际气体的化学成分，得出太阳系不同区域中有关宇宙辐射强度分布及其成分的极为重要的数据，能够研究各种类型的太阳辐射，研究太阳磁场及其对行星际介质中各种现象的影响。

研究太阳系的行星，首先是金星和火星，具有特殊的意义。分析表明，在一定的时间内，当地球和行星的相互位置使得火箭加速所需的能量消耗可减至最低限度时，向太阳系各行星飞行是最适宜的。

向行星发射载有自动仪器的火箭，可以研究各行星的磁场，辐射带，并能得知它们表面的具体形状。另外，还可以研究各行星的大气，测定其密度、化学成分、电离度，以及研究各行星表面的结构及其温度。最后，研究其它行星上生命形态的前景是十分诱人的。

人飞上行星是未来的事情，然而这个日子无疑是会到来的。

宇宙飞行的发展向科学和技术提出了许多最复杂的科学研究和工程设计方面的课题。

为了测定火箭轨道的参数，把仪器测量的结果传送到地球上并报导仪器的工作情况以及传送地球上的命令等等，最重要的问题是无綫电通讯。在发射第一个苏联宇宙火箭时，在历史上第一次在距地球约 50 万公里处实现了无綫电通讯。

在太阳系范围内飞行时，需要在数千万和数亿公里的距离上进行无綫电通讯和传送讯号。因此，制造轻便的、小型的和极其经济的无綫电仪器，以及地面用的发射功率特强和灵敏性极高的接收装置就具有特殊意义。

宇宙火箭上的全部仪器不仅应是最轻便和经济的，而且还应该是非常可靠的，能够在数月，甚至几年内持续工作。对于在太阳系内飞行而言一定要有这样数量级的持续工作时间，如果想想行星运转的周期，那么在这方面就不会有任何奇怪之感了。仪器在宇宙间工作的特点也取决于宇宙辐射的作用和宇宙飞船周围的高度真空。重要的是保持仪器正常工作所必需的温度。宇宙飞行的严重问题之一是防护流星的撞击。

有关计算宇宙飞船运动的问题，是天体力学的一个新方向。在天文学史中第一次计算了人造天体的运动，其中也包括能够主动影响本身运动参数的不平凡的天体。研究这些人造天体的运动，可以取得有关太阳系的天文常数和万有引力场的新数据。我们将亲眼看到可以被称为天文学新的一章，即实验天体力学的诞生。

发展宇宙飞行(人类活动全新的部分)方面的进步向科学和技术提出了极高的要求：运用一切最新的和最先进的科学技术成就，创造新的科学技术方向。

不容置疑，为苏共第21次代表大会制订的在我国建设共产主义社会的伟大纲领所鼓舞的苏联科学家、设计师、工程师、工人，将光荣地解决这一最有意义的问题，我们将是苏联在掌握宇宙空间方面的新的辉煌成就的见证人。

(原文载 1959 年 7 月 15 日苏联“真理报”)