

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

贝采利乌斯



一、贝采里乌斯的生平

在瑞典林彻平地区附近，有一座美丽的小村庄，名叫威菲松达。在它的周围是广饶的田野，一条小河潺潺流过村庄的南面。1779年8月20日，琼斯·雅各布·贝采里乌斯就诞生在这个村庄里。

小贝采里乌斯的父母都是农民。在他4岁的时候，父亲因病去世了，母亲带着他和2岁的妹妹改嫁给了一位心地善良的牧师。两年以后，贝采里乌斯的母亲也去世了。幸运的是，自己已经有5个儿女的继父对兄妹俩就像对待亲生儿女一样，对他们进行培养，教育。牧师并不富有，但不久他仍然尽力筹措了相当大的一笔钱，为7个孩子请了一位博学的家庭教师。

在家庭教师对孩子们进行教育的同时，牧师还非常注意满足孩子们的求知欲，经常专门为了教育的目的而带领他们去郊游。小河边有各种各样的植物，清澈见底的水中，鱼儿在游水吐泡，小虾、小蟹在鹅卵石中钻来碰去。小河边一年四季的景物各不相同，对孩子们来说，沿着小河旅行无疑是一场非常有吸引力的游戏。贝采里乌斯更喜欢这种旅行，尤其是继父经常对他观察事物加以指点与帮助。渐渐地，他开始全身心地爱上了大自然，有时他就躺在河边软软的草地上，仰望着天空中的朵朵白云，他仿佛觉得自己已经是大自然的一部分了。

1793年，14岁的贝采里乌斯进入了林彻平中学。对于那些繁杂的社会科学课程，他学习并不十分努力；但对自然科学课程，他表现出了极大的兴趣，经常搜集各种植物、动物的标本，还喜欢去打猎。在一位刚从西印度群岛作学术旅行回来的新博物学教师的指导下，贝采里乌斯开始对林彻平地区的动植物进行较为系统的研究。在整个中学阶段，他给老师们留下的印象是：一个天赋好、志向广泛但脾气很急的年轻人。

中学毕业后，贝采里乌斯希望能够继续深造，继父同意了他的要求。1796年9月，17岁的贝采里乌斯来到乌普萨拉——瑞典古老的大学城。随即他通过了入学考试，成为了乌普萨拉大学的学生。由于继父无力为他提供更多的资金，所以他的生活相当艰苦。为了能使自己的生活状况有所改观，贝采里乌斯就去给别人当家庭教师，虽然收入相当微薄，但这种自食其力的生活却培养了他坚强的意志和热爱劳动的品格。为了给来自不同国家的移民的孩子上课，贝采里乌斯又开始自学法语、德语和英语，正是由于有了这样的自学经历，所以这些语言方面的知识在他后来利用多国语言研究各种学术著作中起了很大帮助作用。

1798年秋天，大学生贝采里乌斯获得了一笔奖学金，这样他就有了较充足的时间去研究自己喜欢的东西而不必为了生计东奔西跑了。很快，他通过了自己的本专业——医学哲学的考试。直到这时，贝采里乌斯对于自己以后毕生所从事的事业——化学，还没有多大兴趣。

最终促使贝采里乌斯将他的精力用到化学方面的却是一次考试。在大学三年级的一次各科考试中，他的化学成绩排在了全班的最后，要不是其他学科成绩优良，他就很可能被开除了。从此以后，不甘居人后的贝采里乌斯开始主动地学习化学。此时，这位年轻人开始研读德国化学家吉坦尼尔的教科书《反燃素化学基础原理》。这是一部通俗易懂的教科书。贝采里乌斯后来回忆道，正是研读了这本书后，他对于化学的兴趣越来越浓厚，他的头脑里充满了各种化学实验和化学知识。

此时，高年级的大学生每周有三次去化学实验室亲自操作的机会，对此贝采里乌斯并不满意，他希望参加实验的机会能再多一些。于是，他常常趁化学老师不在的时候偷偷溜进实验室参加实验。他的行为被老师发现后并没有受到责罚，老师同意这个已经崭露头角的学生可以随时进入实验室，有时还让他帮助自己制造一些化学药品。在不断的试验中，贝采里乌斯接触的新知识越来越多。

在一本回忆录中，贝采里乌斯记述了这时发生的一件事：“有一次，我正忙着制取硝酸，突然发现放出一种气体。为了弄清这是什么气体，我就把它收集在玻璃瓶里。我认为这种气体就是拉瓦锡所说的氧，当我把一根已经失去了火苗、即将熄灭的小木柴放入玻璃瓶中时，瓶内立刻燃起了一团明亮的火焰。这时，我体验到了一种从未有过的喜悦。”

那时，拉瓦锡的氧的学说正深入到化学理论当中并开始代替过时的燃素论。在燃素论与拉瓦锡学说的拥护者之间进行着激烈的辩论。在瑞典科学界占统治地位的还是燃素论，贝采里乌斯的老师们都是信奉旧观点的，而他们的这位学生则接受了拉瓦锡的学说。贝采里乌斯在实验室里制备了大量的氧，经常当着同学们的面进行在氧气中燃烧各种物质的实验。对于这些同学来说，这是使他们认识拉瓦锡氧的学说的最早实验。

在不断的实验中，贝采里乌斯更加深了对化学的兴趣。在当时的乌普萨拉大学，化学并没有受到太大的重视，也很少有哪个大学生想要专门献身于这门学科之中。但贝采里乌斯此时已深深地爱上了化学，并开始努力解决自己在研究某些化学现象时出现的难题。1799年的暑假，他是在一家玻璃店里度过的，在那里他向一个意大利人学习了焊接玻璃和制造玻璃器皿的技艺。这项对于实验室工作极为重要的技能，在以后总是令他的学生们感到惊叹不已。这一年的冬天，他给麦地维矿泉水产地的一位医生当助手，1800年冬，贝采里乌斯对麦地维矿泉水进行了化学分析，并以此作为他学位论文的题目。

这时候，在电学方面，意大利人伏打发明了能产生持续电流的伏打电池。很快，善于接受新事物的贝采里乌斯也制造了一个伏打电池，并用它来研究电流的生理学的和医疗的效用。利用这一装置，他成功地使一位残疾人的一只病手恢复了灵活性。对这些实验的体会成了他博士论文的基础。1802年5月，贝采里乌斯在乌普萨拉大学进行了公开的博士学位论文答辩，因而完成了获得医学博士学位所需的一切。同一年，瑞典皇家医学会任命了刚满23岁的贝采里乌斯为斯德哥尔摩医学院医学和药学讲师。从此，他开始了自己的教学生涯。

1807年，28岁的贝采里乌斯被任命为化学和药学教授。此时他所任教的医学院医疗系只有三个教授，因此，每个教授要开好几门课。贝采里乌斯开的是医学、植物学和药学的课程，不久以后他又开了化学课。在一开始，他的药学课很受学生们的欢迎，但来听他的化学课的人却是寥寥无几。这是因为，在当时的化学教授们讲课时只注重口头讲述而通常不进行任何演示和实验。这种化学教学法在许多大学中是有传统性的。只用口头评说各种物质的性质和组成，却不作化学反应的直观实验，不仅对于讲授来说是很困难的，就是对于学生们来说，这样抽象的化学课也是十分枯燥难懂的。因此化学课不受欢迎也就可想而知了。

贝采里乌斯力图改变这种局面。他在讲课中大大增加了实验次数，把直

观的化学实验引入了课堂教学之中。不久，他上化学课的教室就逐渐挤满了前来听课的学生。他的这种化学教学法也很快被其它许多大学所采用。

在进行紧张的教学活动的同时，贝采里乌斯也积极地投入到科研活动中。1802年，他进行了电化学的研究，1803年2月，他将研究成果总结成一篇论文，这篇论文包括了贝采里乌斯以后提出的电化学理论的全部基本原理。同一年，贝采里乌斯与本国化学家赫新格尔在进行化合物分解的研究过程中，共同发现了化学新元素铈，同时也精确地测定了这种新物质的性质。就这样，在此以前默默无闻的24岁的雅各布·贝采里乌斯在化学界出了名。

1806—1818年，贝采里乌斯与赫新格尔编辑出版了期刊《物理、化学和矿物学丛刊》，这本刊物在物理学、化学界的影响日益加深，贝采里乌斯也经常在这一刊物上发表自己的各种研究成果。

在1806年，贝采里乌斯自己动手编写了生理化学教科书。就在这一年，他第一次把“有机化学”的概念引入了教学之中。1808年，他着手编写了《化学教科书》一书，这是日后许多国家的几代化学家都学过的一部教科书，对科学的发展做出了巨大的贡献。从1807年开始，在以后的6年中，他还进行了测定各种盐、酸、氧化物与其他物质组成的基础研究。

由于贝采里乌斯对科学界与教育界的贡献巨大，在1808年，他被选举为瑞典科学院院士，1810年又被选举为瑞典科学院院长。工作繁重的贝采里乌斯对于这种种的荣誉并没有看得太重，他依然脚踏实地地进行自己的科研与教学工作。

作为一位科学工作者，贝采里乌斯非常注意了解世界各国最新的科学研究进展，他积极与外国科学家们进行不断的联系，这进一步扩展了他科学观点的广度与深度。还是在科学活动的初期，他就已经同许多著名的学者，比如法国的贝尔托勒、英国的戴维等人建立了通信联系。1812年夏，贝采里乌斯应英国皇家学会会长戴维的邀请，访问了英国皇家学会，通过戴维的介绍，他还结识了学会的许多杰出的代表人物。在以后的5个月中，贝采里乌斯与戴维进行了共同的化学研究，取得了许多共识，并且互相纠正了对方的一些错误观点，进一步加深了他与戴维的学术联系。1818年春天，贝采里乌斯由于过度疲劳而生病了，医生和朋友们都建议他能够暂时停止化学研究，到外国进行旅行疗养。他听从了劝告，作了长时间的出国旅行，访问了英国、法国、瑞士和德国。旅行期间，他又结识了欧洲的许多大学者。他在法国巴黎呆了10个月，与法国学者们相互交流了研究课题，贝采里乌斯从中得到了许多非常有益的启示。1820年10月，他回到了斯德哥尔摩，又开始了新的科学研究。

此时的贝采里乌斯，已经成为世界著名的学者。他研究的范围极广，化学上的大问题几乎没有一个没有参加研究过。

为了更好地总结当时科学的发展情况，从1821年开始，他着手出版《物理、化学进展年报》。直到他逝世，年报一共出版了27期，这些年报是19世纪上半期有关化学、物理学和矿物学方面最具权威性的文摘性刊物。

贝采里乌斯在着手出版年报时，还给自己提出了广泛宣传科学成就的崇高目标，他认为，他的努力将一定能够促进生产的发展并有助于增进人民的福利。他在年报第一期中以科学院的名义写道：“靠这些关于科学的论文或报告的继续出版，国家的知识阶层就有可能达到它的最终目的——这就是更进一步地认识人类知识的进步，更加重视实用科学的研究，从而更广泛地把

他们的研究成果应用到普通的、有利于劳动者的技艺和工艺中去，这样就一定能够促进生产的繁荣和劳动者生活水平的提高。”

贝采里乌斯给自己提出的第二个任务是，通过这个文摘性刊物把各国科学家的力量联合起来，促进科学事业的发展。他指出，年报的出版不仅有利于对已作过的工作进行总结，而且还可以针对某个新的课题进行研究。

《年报》一共出版了 27 期，每期都是厚厚的一本，最多的一期达到 800 页正文。在编辑《年报》时，贝采里乌斯不仅仅只是摘录浩繁的科学论著，他力求把其中对科学发展最重要的论著挑选出来。他曾经说过这样的一段话：“从科学园地中采摘的果实，正如同农人的收获一样，常常是工作、幸运与有利的机遇的共同产物。与前者有联系的只是在日常中收集事实，所以科学向前推进总是缓慢的。科学有时也会迈出比平常大的步伐，在大多数情况下，这种步伐都是很好地利用了机遇的结果，有时也是罕见的天才的出色研究的结果。像爱尔斯捷特发现的电磁效应；纪比克研究的热电现象；法拉第发现的电磁旋光；密克尔力特发现物体的同晶现象；德伯莱涅尔发现铂具有在常温下引起气化合直至发火的性质……这一切都是科学迈出的极为罕见的巨大步伐。”

在《年报》的编辑中，贝采里乌斯非常重视对所摘述的论著的评价，他渊博的知识，在科学界巨大的声望，使得他的年报成为那个时代科学家们大多数著作的恰如其分的分析与评价。在许多年中，各国的学者都多次证实了他学术评价的公正性，所以大家都听从他的评判。许多化学家都是迫不及待地等候着《年报》的出版，这不仅是想了解科学研究的进展，同时还想要看到自己的研究在科学总的发展中占到了什么样的地位。

贝采里乌斯非常善于用评判学术著作的办法来促进化学研究的发展。他鼓励并培养了许多有才能的青年，同时也以有力的批判封闭了那些碌碌无为者的道路。《年报》就是这样的一份期刊：它不仅概括了各国化学家们的一切理论和实践上的成就，而且还建立了他们之间密切的学术联系。《年报》的出版，成了 19 世纪下半期一系列文摘性和批判性刊物的先声。但所有这些刊物当中没有哪个起到了像《年报》这个联合了全世界化学家共同努力所起到的巨大组织作用。

贝采里乌斯作为一位一流学者，有着极高的声望，这样就把许多学者，尤其是许多青年学者吸引到自己的周围。多年来，贝采里乌斯经常邀请一两个有前途的青年化学家到自己的实验室来工作一段时间。这无疑是为他们提供了上最好的科学大学的机会。他们在贝采里乌斯的实验室里学习到了他严谨的工作态度。他还把设计简单仪器并用最简单的方法获得最精确结果的技能，无私地传授给了这些青年人。

贝采里乌斯为自己的祖国培养了摩山德、阿尔维森、叟夫司昌等一大批化学家。同时他也是各国许多化学家共同有的老师：他们学习他的化学教科书，研读他的年报，积极与他通信，听从他的建议与指导。他亲手教的学生成为栋梁之材的有德国的魏列尔、罗兹、密克尔力特、麦那斯；瑞士的勃兰塔穆尔；俄国的盖斯、斯特卢威等等。对于在他实验室里工作的青年人来说，贝采里乌斯不仅仅是一位知识渊博的老师，而且还是一位关心他们、爱护他们、无微不至关怀他们生活的父亲。他非常希望自己的学生们能赶超自己，每当学生们取得新的科研成果，他就会感到发自内心的兴奋；学生们一有新的研究成果，最先想到的也是先让贝采里乌斯知道。在他的指导下，阿尔维

森发现了锂元素、叟夫司昌发现了钒元素。

由于科研、教学工作过于繁忙，贝采里乌斯经常感到疲劳，周期发作的头痛症也给他的工作带来了很大的不便。所以在 1832 年，他辞去了讲课与医学院教授的职务，但继续担任了瑞典科学院常任秘书与卫生学会会员的职务。尽管减少了一些正式职务，但为科学奉献了半生的他还是感到劳累不堪。他给魏列尔的信中提到了这时他的状态：“在工作中，我已经比早先疲倦得更快了，一疲倦就降低了对工作的兴趣。假如我为年报一天工作 8 小时，我就累得其他任何工作都不能干了。这时我就必须停下来休息。”

1853 年，在朋友的撮合下，独身了大半生的贝采里乌斯终于成家了。在妻子贝蒂的照料下，他的生活开始有了条理，科研精力也有所恢复。但长期与化学药品为伍的他，在长年累月的化学实验与研究过程中，身体不能不受到有害物质的损害。所以渐渐地，他进行实验有了困难。到 1841 年，他给一位朋友的信中说，除了进行一些简单的、几天就可以完成而且不需要记住复杂细节的实验外，他再也无力进行其他的研究了。在 1843 年，贝采里乌斯进行了他自己的最后一次大规模的实验研究，这次是研究磷与硫酸和硒的化合物。在实验中发生了事故，贝采里乌斯中了硒化氢毒，一度丧失了嗅觉与味觉。从此之后，他只得完全放弃实验操作，把自己所剩不多的精力投入到出版年报与修订自己所著的《化学教科书》上面了。

1845 年，贝采里乌斯的健康状况大大恶化，头痛症越来越严重，不久就卧床不起了。1847 年 12 月，在一次发病之后，他的两腿完全瘫痪，他甚至已经无力去提笔写字。但他仍然为继续他所开创的研究工作给自己的学生们作了安排。

1848 年 8 月 7 日凌晨，贝采里乌斯逝世，享年 70 岁。应他生前的要求，他被葬在斯得哥尔摩近郊的一处平民公墓里。

二、原子论的研究与元素符号

19 世纪上半期化学的发展，有许多是依靠理论的概括而得到的。这段时间化学中理论思潮的主流是原子论，原子论使人们能够确定零散的实验材料与理论概念之间的联系，同时使到那时为止在科学中已积累起来的大量实际材料得以系统化。

这一时期，许多杰出的科学家的名字都与化学原子论的发展有着密切的联系，象道尔顿、阿伏伽德罗、安培、吕萨克、杜马、热拉尔、格梅林、劳伦等人。他们中间的每个人都为原子分子学说的向前发展作出了自己的贡献，但最善于把原子论与零散的化学知识联系起来的还是贝采里乌斯。

要巩固和发展原子论，就必须把当时已知元素的原子量测定出来，贝采里乌斯把这项任务看成是当务之急。他说过：“我在相当长的一段时期里，用改进了的研究方法对许多重要元素的原子量进行了仔细的检测。”

在此之前，英国人道尔顿已经测定了许多元素的原子量。但是，由于道尔顿用以测定原子量的实验材料不够充足，而且有的操作方法也不够正确，所以大多数原子量测得并不精确，这就会在实际应用中产生不少的偏差。贝采里乌斯通过实验认识到了这一点，进而他认为：只有最精确地测定尽可能多的元素，当然首先是最常见的元素的原子量，原子论学说才有可能推广到其他学科之中。

贝采里乌斯清楚地认识到，化学原子论的发展并不缺少理论观念，缺乏的是可靠的、大量的实验数据。所以他就从基础出发，着手去分析各种盐、酸、碱以及氧化物。这些研究对于化学原子论的进一步发展起到了决定性的作用。后人评价道：“贝采里乌斯从 1807 年开始的并从 1809 年以更大力量继续进行的勤奋而且持久的研究，对于原子论的进一步发展并将其应用到化学各部门来说，贡献要比同时代的其他科学家所作的都要大。”

从 1811 年起，贝采里乌斯在进行了大量基础实验与工作后，开始遵循着道尔顿的基本观念为正式测定一切元素的原子量进行了更大规模的系列实验。

1814 年，贝采里乌斯公布了他测定元素原子量的方法。他认为气体元素的密度一定与它们的原子量成比例，所以就采用了盖·吕萨克的化合体积定律来测定“元素体积重量”——这是此时他对原子量的称呼。在日记中他写道：“盖·吕萨克发现，气体或者是以等分化合，或者为一种气体的量将是另一种气体的量的倍数……如果在这些观察中把‘体积’和‘质量’两词换成‘原子’和‘分子’两词，并把化合的气体想像成化合的物体，那就会发现一个对道尔顿假说正确性的直接证明。盖·吕萨克其实没能从这个高度来认识这一重要的发现，并得出普遍的规律，而仅仅满足于对气体化合的一般定律的发现，这是应该加以提高的。”贝采里乌斯是最早应用盖·吕萨克的气体反应体积简化定律来测定元素原子量的科学家之一。

贝采里乌斯测定了各种元素的同体积的重量，并把它们与作为比较数据的氧的同体积重量进行了比较。在论证这个选择时他写道：“把各种元素的原子量与氢的原子量比较，那就无法提供任何优越性，而且看来还最可能引起诸多不便，因为氢是极轻的气体，在无机化合物中又很少见到。相反，氧却包含了一切所需要的优点，而且可以说是整个化学所围绕的中心。它是一切有机体和大多数无机体的必不可少的组成部分。”

贝采里乌斯善于运用正确的研究方法与他出色的实验技巧，使他能够得出精确的原子量。在《物理、化学和矿物学丛刊》上，他陆续发表了自己的研究成果。英国科学家渥拉斯顿在编制原子量表时，就采用了贝采里乌斯所测定的数据。

1814 年，贝采里乌斯发表了他自己的 41 种元素的原子量表；1818 年，他在《化学教科书》第 3 卷里充分地论述了关于化合量的学说；1819 年，他以单行本形式发表了他的教科书中的这一部分，书名为《试论关于化合量和电的化学作用的学说》。这本不厚的书发行后，立刻引起了化学界的巨大反响。在这本书中，贝采里乌斯总结了自己多年来所从事的所有实验研究并论述了自己的理论原理。可以这样认为，贝采里乌斯的这项研究成果是他那个时期的化学家们最杰出的研究之一，为道尔顿的原子论打下了极为牢固的实验基础。

在这项研究中，贝采里乌斯把原子论与电化学理论紧密地结合了起来。他测定了 45 种元素的原子量，分析并测定了 2000 种化合物的百分比组成。他所测得的氧化物、盐、酸和碱的百分比组成与现代数据十分接近。但由于某些化学式的不正确，使得不少元素，特别是金属元素的原子量不够准确。

以后，贝采里乌斯测定原子量的工作是从两方面着手进行的。一方面，随着定量分析的改进，从而使化合物的百分比组成更加精确，并在此基础上得出化合物的原子量；另一方面，由于化合物化学式的改变，贝采里乌斯也随之对原子量本身进行不断的修改。

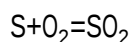
1826 年，贝采里乌斯大大地改进了自己的原子量系统。如果说在此之前他只是应用化学计算定律，以元素与化合物在化学和物理学中的类比原则作为为自己测定原子量的依据；那么，现在他开始考虑用杜隆的比热定律和密歇尔力特的同晶现象定律了。新知识理论的应用，使得他对原子量数据的改进取得了巨大的进步，大多数金属元素的原子量很接近于近代数据。许多金属的相应氧化物也都获得了正确的化学式。到他逝世之前已知的 56 种元素中，只有硼、铍、硅、钒、锆、铀、铈、铀和钍的原子量不够准确，其它的都已经是相当精确了。这些精确数据的取得，主要归功于贝采里乌斯。

那么，贝采里乌斯是用什么办法测出原子量的呢？下面，我们就举硫的例子来说明。

要测定硫的原子量，就需要先确定硫酸的化学式。为此，贝采里乌斯分析了硫酸铅，表明了“硫酸”里含的氧比氧化铅里的氧多两倍。因而贝采里乌斯认为它的化学式里应包含有三个氧原子。但是，到底应该有几个硫原子与这三个氧原子化合呢？他研究了一系列硫的氧化物，比如二氧化硫(SO_2)、三氧化硫(SO_3)，最终得到这个问题的答案。

比如在二氧化硫中有 2 个硫原子，那么，它的化学式就应该写成 SO 、 S_2O_3 。可是采用双原子并没有必要，因为用 SO_2 和 SO_3 的化学式，得出的是更简单得多的比。

硫和氧的反应，是适用于下面这个化学式的，即：



硫的原子量就是按照这样先得出的“硫酸”的化学式然后测定的。

贝采里乌斯在证明了各种化学计算定律的合理性并测出了某些化学元素的原子量以后，就给自己提出了这样的任务：弄清由一定整数的简单原子形

成复杂原子的原因。他在自己的科学日记中写道：“即使在相当程度上证明了物质是由不可分割的原子组成的，那也根本不能由此得出结论，说一定会发生那些常出现的化学比现象，特别是在无机界见到的那些现象。对此还必须知道那些调节着原子结合的方法并决定着它们的界限的定律，因为如果一种元素的不定数原子可以跟另一种元素的不定数原子化合，那就会存在由这些元素组成的无穷数的化合物，则这些化合物量的组成中的差别就会由于其微不足道而无法被发现，甚至借助最精确的实验也不能发现。显然，化合量正是取决于这些定律。”正是在以上的这段话里，包含着一整套的纲领，它的实现导致了化学家们最终创立了当量学说。

贝采里乌斯对化学原子论发展的影响，还表现在他采用化学元素的原子字母符号，以便于写成化合物的化学式。这些符号沿用至今。他制定了一个简单易懂的化学符号系统，用以明确而直观地表现和解释化合物的原子组成。在贝采里乌斯看来，化学式必须完全准确地表现出一种化合物是由哪些元素组成的，并应该指出其中每种元素的原子比数。由于贝采里乌斯所制订出的化学符号，符合元素的相对量，因此能够用它们来写成化合物的化学式。他认为，通过化学式，他可以作出化合物组成的一个最简单扼要而又条理清楚的理论说明，它可以使人一眼就看清楚那种用许多文字也难以如此简明地加以解释的道理。

在 1813 年，贝采里乌斯第一次发表了他的化学符号。第二年，他在自己的一篇论文中，更详细地叙述了这个问题。在论文中他写到：“化学符号要解释所写的东西而不致于把印刷的书弄得拖泥带水，就应当用字母符号来表示，因此，我将采用每种单质的拉丁文名称的开头字母作为化学符号。这些化学符号永远表示 1 个体积的物质（1 个原子）。假如需要表示出许多体积，则可以标出它们的数目。例如氧化亚铜是由 1 个体积的氧与 1 个体积的铜组成的，因此它的符号就是 CuO；而氧化铜是由 2 个体积的氧与 1 个体积的铜组成，故它的符号就是 CuO₂。”

当几种元素的名称开头第一个字母相同时，贝采里乌斯就在相同字母的后面加上第二个或底下字母中的一个，以示区别。例如，同以“C”开头的元素符号，C 是碳、Ca 是钙、Cr 是铬、Cu 是铜、Co 是钴。

以下就是贝采里乌斯在《化学教科书》最后一版中提出的元素的原子符号：

O-氧	H-氢	N-氮
S-硫	P-磷	Cl-氯
Br-溴	I-碘	F-氟
C-碳	B-硼	Si-硅
Se-硒	Te-碲	As-砷
Cr-铬	V-钒	Mo-钼
W-钨	Fe-铁	Mn-锰
U-铀	Ce-铈	D-钨
Ln-镧	Al-铝	K-钾
Na-钠	Sb-锑	Ta-钽
Ti-钛	Os-锇	Au-金
Ir-铱	R-铼	Pt-铂
Pd-钯	Hg-汞	Ag-银

Cu-铜	Bi-铋	Sn-锡
Pb-铅	Cd-镉	Zn-锌
Co-钴	Ni-镍	Zr-锆
Th-钍	Y-钇	Be-铍
Mg-镁	Ca-钙	Sr-锶
Ba-钡	Li-锂	

从以上的这些符号我们可以发现，它们当中的大部分一直延用到了今天。仅凭这一点，贝采里乌斯就可以在化学史上占有光辉的一席，更何况他在其他的领域内也取得了同样辉煌的伟大成就呢？

由于化学中的新发现与化学原子论的不断发展，贝采里乌斯发现原来的许多化学术语已经不再适用，于是就相应地作了修改。

贝采里乌斯抛弃了那种可以用任何一种语言发展术语的旧原则。他认为，当时作为国际语言的拉丁语和希腊语最适合记录化学术语。他在 1839 年就这一点写道，化学术语应当从拉丁语或希腊语这样的语言中引出。这样将会有很大的优点，因为这样的名称不必翻译就可以在一切语言中应用。同时应当注意术语表达的简明性，所以最好不必拘泥于构词法规则。凡是想要付诸于实际应用的东西都必须尽可能地做到方便。

贝采里乌斯采用了拉丁语来构成自己的专门化学术语，把相应的前缀、后缀分别用于一定类别的化合物。他以拉瓦锡的反燃素论专门术语作为基础，并按照这位法国科学家逝世以来所完成的新发现作了一定的修改。他把当时已知的所有的化学元素分成两类：负电非金属物质和正电金属物质。尽管他的分类方法不够完善，但他提出的拉丁文专用化学术语由于简洁、实用，很快就被译成了多种语言而流通于各国，这也就成了现代化学专门术语的基础。

贝采里乌斯把原子论看成是化学的基本理论。他认为：“按照我们叫做微粒说的原子论概念，没有那种建立在能引起异种原子间的化合与同种原子间的机械结合的特殊力量上的原子共性，就不会有任何化合物。”作为原子论的坚定支持者，贝采里乌斯不止一次地谈到了这个理论的伟大科学意义。他认为，与物质化合时所遵循的重量和体积的定比有关的一切现象，都是物质原子结构的必然结果，所以化学家们才能够由此计算出包括在化合物中的元素之间的原子比数。

无论从哪个方面来说，贝采里乌斯在测定化学元素的原子量和论证原子论的基本理论方面的研究工作，都对以后化学事业的发展起到了巨大的推动作用。

这位瑞典化学家提出的原子量和化合物化学式系统是 19 世纪上半期中最完善的系统。他所测定的原子量大多数与现代数据很接近，而且大部分化合物的化学式也与现代的符合。在 150 多年前的贝采里乌斯之所以能够取得如此惊人的成就，不仅在于他自身深厚的化学功底和出色的实验才能，而且还在于他很善于接受别人研究的成果，在甄别后吸收其中的研究精华。这两方面因素结合，才使得贝采里乌斯能建立起比较完善的元素的原子量与化合物化学式的系统。而且更为重要的是，贝采里乌斯关于元素原子量的精确数据，对于俄国化学家门捷列夫化学元素周期律的发现，有着巨大的意义。

三、无机化学的研究

早在儿童时代，贝采里乌斯就对大自然产生了浓厚的兴趣。所以在自己从事科学活动的最初阶段，贝采里乌斯已经酷爱对矿物的分析，并对物质的组成进行了大量的探索。

在贝采里乌斯之前，物质的定量测定已经在化学研究中产生了。但最终还是通过这位实验大师之手，才使得物质的分析、测定方法从旧的研究方法中超脱出来，而成为化学这门精确科学的基础。借助于定量分析，在短时期内化学就有了惊人的发展，几千种不同物质的组成被研究测定出来，同时还发现了一些在工业技术中将得到很大应用的新元素、新物质。在贝采里乌斯以后，化学中的定量研究成了每一项化学研究的必要条件。离开了在化学反应时进行相互作用的各种物质间重量比的精确测定，任何化学研究都是无法想象的。

作为一名分析化学家，贝采里乌斯的才能在对各种矿物、矿石、有机物质的组成系统的研究中充分显现了出来。没有哪一种元素他没认真研究过，他完成了各种盐的组成的大量数据分析，用实验论证了各种化学计算定律和道尔顿的化学原子论。

贝采里乌斯认为，原子论与它的各个定律必须成为分析化学中的指导理论。关于这一点，他在自己的论文中写道：“化学的定量分析，在最近时期通过化学比定律的确定而达到了很高的完善程度，这是因为为了发展和论证原子论，就需要作一些研究工作使分析过程得到提高和改进……物质彼此化合时主要遵循的那些化合定律得到推广，就使得精确的化学分析由于给原子论理论的研究和论证提供了有力的依据而显得更重要了。”

实际上，化学当量和原子量的精确测定，成为物质定量分析发展中的重要因素。贝采里乌斯在许多次的分析过程中，把定性和定量分析的一些新方法、新试剂以及新设备不断应用到了分析化学中。例如，他使用了滤框、酒精灯、木滤架、洗涤器、橡皮连结管、各种漏斗和滤纸。这些新设施的实际应用，使贝采里乌斯能够迅速而精确地进行多种定性和定量分析。

但令人惊讶的是，在贝采里乌斯的实验室里并没有价格昂贵的仪器，所有设备都出乎别人的预料。他的学生魏格尔是这样描写自己第一次进入老师实验室的情形：“当他领着我进入实验室，我好像在梦中，我想到：我的确是在这个向往已久的地方吗？在贝采里乌斯老师的住所旁边有两个设有煤气设备的房间，这就是他的实验室。在一个房间里摆着两张普通的桌子，其中一张是他工作时写东西用的，另一张是用来吹制玻璃仪器的；靠墙立着几只放试剂的柜子；房子中间是一个水银电解槽。另一个房间里放着天平和工具。”虽然实验设备如此简单，贝采里乌斯却利用它们达到了惊人准确的研究成果。其奥秘正在于他多年来养成的严谨的科学态度，先进的实验技能与方法和他所采用的并不复杂的新设施。

贝采里乌斯的实验方法和设施被他的学生们在其他国家里推广，不久就被普遍采用了，成为科学的共同财产。简明与精确，就是贝采里乌斯的工作方法的突出特征。在《无机物分解教程》一书中，他写道：“稍懂化学的人必须在定量分析方面多加练习；我们必须明白，对定量分析的知识不完备，就不可能成为有化学研究能力的人。他们必须养成尽可能精确地称量的习惯；必须善于一滴不撒地从一只容器里把液体倒入另一只容器，做到即使最

后一滴也不要让它从容器的外表面流失；必须注意一切细节，忽略了它们，往往会使一连几星期的困难工作所取得的进展化为乌有。我特别要劝他们努力学会耐心操作，不要让娱乐消遣、逢场作戏与疏忽大意使行将取得成果的工作失败。一个没有经验的化学家在没有达到相当的实验精确程度时，往往会由于疏忽大意或预见不周而被迫停止已经开始的工作；这不要紧，但是必须给自己定下这样一条坚定的信念：没有完成的工作一定要重做，不能半途而废，因为尽管这一次遇到了困难，但最后的成功就孕育在其中；这次放弃了，以后要想再完成这项工作就会更困难了。

依照贝采里乌斯的见解，在研究物质时必须既善于利用定量分析，又善于利用定性分析。在这点上他认为：“青年化学家作定性分析时往往会比较顺利，但由于缺乏实验操作的经验与多方面的知识，在作定量分析时就很容易出错；同时，一些博得了响亮的头衔称号的有名化学家又会常常在定性研究上出错，这大概是因为他们过于信赖物质的某些外部特征，或者是由于他们感到已经功成名就而失去了深入研究的兴趣。因此，我劝告每一位从事化学工作的人，既要精于定性分析，也要善于定量分析，深入到化学研究的细枝末节中去；这样不仅能使研究工作精进，而且往往能使自己体会到成功带来的难以名状的愉快心情。”

贝采里乌斯认为，在物质分析中被分析物质用量应尽可能少。他指出，靠少量的物质往往会达到最高的精确度；因为被分析物质的重量越大，则所用物料的体积，粗滤、洗涤、蒸发所需要的时间也随之增加，这样往往会影响实验数据的准确度。

1827年，贝采里乌斯出版了《无机物分解教程》一书。在这本书中，贝采里乌斯根据自己的研究论述了固体、气体的分析方法，并深入研究了盐的组成的测定方法。

正是由于贝采里乌斯的研究，在分析化学方面就开始制定了一些合理而精确的新解析方法与精确的称量方法。比如，他在分析碱金属硅酸盐时采用了氢氟酸，应用了各种金属的氯化物来使它们分离；制定了通过与硫酸氢钾的熔合来对氧化物进行分析的方法；找到了使铂族金属离析的方法，等等。

贝采里乌斯对分析化学作出的最巨大的贡献之一，就是他把硫、硒、砷等这样一些在与氧相互结合时变成了酸的物质，与在同样反应中变成了碱的物质，如铜、铁、钾等区分了出来。他的方法是这样的：把合金或矿石的粉末放在玻璃管里，让干氯通过玻璃管，同时用酒精灯加热玻璃管中的粉末。这样，形成酸的物质就将挥发，顺着玻璃管向前移动，被管口盛水的玻璃瓶所吸收；而形成碱的物质则留在了玻璃管里。

贝采里乌斯对分析化学的巨大贡献，还在于他培养了许多成为分析化学专家的学生：魏列尔、阿尔维森、罗兹、奔塞尔多夫、格梅林、诺登斯科特。他们分散在欧洲各地，为分析化学的研究都作出了很大的贡献。

1827年，贝采里乌斯收到学生从俄国寄来的大量铂矿石后，进行了仔细的分析研究；不久，他发现了铂的几种伴生物：铯、钡、铷和铥。他把这些新元素彼此分开，测定了它们的原子量并得到了它们的氧化物。因此，铂族金属研究专家、俄国的克劳斯后来评论道：“我们在这个问题上至今为止，已知的一切都应归功于不朽的贝采里乌斯，他的方法想得如此的巧妙，而他运用的实验技巧又是那样的令人惊叹。”

无论在贝采里乌斯之前或之后，都没有哪一个化学家完成了如他那样大

量的、广度和精确度都令人赞叹不已的分析化学研究。除去对分析化学的具体贡献之外，贝采里乌斯还以自己出色的工作方法，给各国的分析化学家们产生了巨大影响。

贝采里乌斯在无机化学研究方面也取得了很大的成就。

19 世纪前期，新化学元素发现得特别多，这是拉瓦锡关于元素的学说对这一时期化学家影响的结果。这位法国化学家关于碱、碱土、硅土和矾土的见解尤著成效。他认为：“可以期待这些土不久就不再列入单质之列；它们是整个的一类没有与氧化合的趋向的物质中唯一的几种，我十分倾向于认为这些对氧冷淡的物质，是因为它们已经饱含了氧。按这种观点来研究的这些曾经可能显出是单质的土，可能是金属氧化物，也可能是已经氧化到一定程度的单质。”

1807 年，戴维用电解的办法得到了金属钠和金属钾，完全证实了拉瓦锡的见解。随后，贝采里乌斯重复了戴维的实验，并遵循着矾土和硅石的复合性观点，试图得出金属硅和金属铝。他在自己的日记中写道：“自从戴维证明了碱和碱土确实是金属氧化物后，我们就断定矾土、锆土、铍土、钇土也都是氧化物，尽管据我所知还没有人幸运地从这些物质里分出氧来。但没有哪个化学家怀疑这一论断的正确性，因为大家都见到了这些氧化物与锌、锰、铈等金属的氧化物之间的相似。”

由于用电解法没有能得出游离硅，贝采里乌斯就尝试用磨碎的炭加铁使硅石还原的办法来析出硅。结果因为化合形成了硅铁还是没得到游离硅。直到 1822 年，贝采里乌斯利用钾使氟酸钾还原的办法才第一次得到了游离状态下的硅，其反应如下：



还有三种元素的发现应归功于贝采里乌斯，它们是——铈、硒、钍。

1803 年，24 岁的贝采里乌斯与赫新格尔一起在一颗重晶石里发现了铈，并随之测定了它的大量化合物和它的原子量。贝采里乌斯指出，铈和钇（钇是由芬兰化学家加多林于 1794 年发现的）的性质极为近似，但铈不同于钇的是它有两种含氧量不同的氧化物；也就是说，铈有二级氧化的特征。

这位瑞典化学家通过对铈和钇的研究，给稀土元素的两种离析法——分步结晶法和分级沉淀法奠定了基础。他最早使用钇“土”和铈“土”的硫酸复盐加钾来离析这些“土”。在以后的很长一段时间里，把稀土族元素分成铈、钇和铽三类的方法，就是建立在稀土元素和钾的硫酸复盐在硫酸钾的过量饱和溶液中的不同溶解度之上的。

作为一位出色的矿物学家，贝采里乌斯先后发现并研究了十几种含有稀土元素的矿物。其中好几种是当代提取稀土金属纯化合物的最珍贵的天然矿物。

1817 年，贝采里乌斯在硫酸的工业废料里发现了一种新的化学元素——硒。1818 年，他发表关于硒元素的取得、性质和化合物的报告。

1828 年，贝采里乌斯在挪威布雷维克附近找到的一种矿物里，发现了一种不知名的金属氧化物，他将这种氧化物命名为氧化钍。他详细地研究了氧化钍的化学、物理性质，并在 1829 年通过用金属钾使四氯化钍还原的办法得到了氧化钍中所含的金属钍的单质。

借助金属钾，贝采里乌斯除了得到钍和硅，还最先得到了锆和铌两种元素，在他之前它们是以化合物形式被发现的。锆土是克拉普罗特于 1789 年发

现的。贝采里乌斯通过详细研究后，发现它是多种盐的化合物。他是利用锆氟酸钾与金属钾一起加热的办法得到了黑色粉末状的金属锆（成份不纯）。

钽酸是在 1802 年发现的。在 1816 年，贝采里乌斯开始对亚钽酸盐进行了大量的研究，同时制定了亚钽酸盐的分析方法，研究了钽、钽酸以及它们的化合物性质。通过用金属钾还原钽酸盐的方法，他得到了钽（成份不纯）。

贝采里乌斯很重视对硫化物的研究。1811 年，他确定硫元素在对金属的关系上与氧很相似，所以硫化物相当于金属氧化物。他还研究确定了硫与氧一样可以——通过不同的比例与金属化合。同时他还指出，正如同碱基酸性氧化物彼此间化合而形成盐一样，硫化物也在彼此间含硫酸盐。1820 年，他论述了多种硫化物的获得方法。

在 19 世纪 20 年代，贝采里乌斯特别注重于对盐的性质的研究，他认为电化现象对测定盐的性质的研究具有极重要的作用。在 1825 年，他说过这样一段话：“我们叫做盐的那种东西必须按照一定的电化定律来测定，并且完全不依赖存在于化合物中的元素数量。所以我们说，氯与钠的化合物是盐，因为这两种物质能相互而且完全地消除它们的电化性质。”

贝采里乌斯对盐的分类是很有意思的。他把盐分成两类——由卤素与正电金属化合而形成的和在碱与酸反应时形成的；贝采里乌斯把前一类盐称为卤化物，把第二类称为两性盐，包括含碳盐、含硫酸盐、硒盐、碲盐等等。

贝采里乌斯还进行了大量关于氢氟酸的研究。在他之前，泰纳德和盖·吕萨克都研究过氢氟酸，他们得到了纯氢氟酸并制取了它的许多化合物，但他们没能把研究坚持下去。第一次获得许多重要的氟化金属的任务，是贝采里乌斯完成的。接着，他又研究了氢氟酸与某些氟化物如四氯化硅、氟化硼、氟化钛等化合物，贝采里乌斯最早测定了硅氟酸以及它的许多化合物的正确组成成分。他还研究了水对四氯化硅的作用；水分解氟化硼的反应；同时还发现了氯化硼。

另外，贝采里乌斯也注意了对贵金属的研究。在 1811 年时，他就得到了氯化金；并从中获得了一氧化二金；1813 年，他又获得了氯化铂和氢氧化铂。

从 1813 年开始，贝采里乌斯开始了矿物学研究，他提出了一个化学矿物系统，并按照这一系统整理了自己的收藏品。他想要证明矿物也是服从各种化合量定律的、是可以根据矿物的化学成份来对它们进行系统化与分类的。他认为：“矿物学尽管也被看成是一门专门的科学，但它终究是一种关于组成我们的地球的无机化合物的学说，并且只是化学的一部分，它完全是建立在化学的概念之上的。我早就试图证明，化学概念的每一种科学分类都必须建立在那些作为任何化合物的基础的电化学化合比上。在我看来，矿物乃是这样一些物体，研究它们时必须考察到它们的组成，而且任何矿物学系统都必须建立在这上面。

建立科学的矿物学系统，就需要有坚实的理论基础。用贝采里乌斯的话来说：“只要看一看矿物学，就能够在那里发现元素相互关系的一些定律，就能够大量的类土矿物中看出硅石是酸，而其他土是碱；在这里，与我们在实验室中的实验一样，酸和碱也服从同一些化合定律。这样一来，就在矿物学中产生了一个化学体系，这个体系和化学一样建立在同一基础上，这个基础不会导致错误的认识。从这时起，矿物学使人产生了新的兴趣；如果说从前它是无机界的未经精确测定的产物纪录，那它现在已经上升到真正科学的水平了。”

1814 年，贝采里乌斯出版了《试论化学矿物学》一书。随后，这部书被译成了英、法、德、拉丁等多种语言。按照贝采里乌斯的化学分类，一切物质都可以按照它们的电化含量来加以划分。在这本书中，他按正电组来排列矿物。以后他又制定了一个矿物分类方案，在这个方案中，矿物是按照它们的负电元素来排列的。

贝采里乌斯对于矿物学的研究，给矿物的系统和分类工作以巨大的推动作用。他把当时精确的化学定律和电化学观念应用到矿物学中，就使得不仅有可能按照比重、颜色、硬度、形状等种种特征来论述矿物，而且也可能按照化学物质的组成来论述它们。这样做就很容易分清矿物的类和族。

限于当时的研究水平以及条件，贝采里乌斯对于矿物的分类系统自然会有相当的缺陷。例如电化学理论存在着相当的缺陷，以后曾被不断地修改，因此在很大程度上依靠它而建立的矿物学分类法，就很难说符合现代的科学理论了。但在当时，在贝采里乌斯的时代，他的这种分类法无疑是有巨大进步意义和作用的。

四、有机化学的研究

在贝采里乌斯开始从事化学研究以前，有机化学的研究对象是植物和动物来源的物质，这是有别于矿物来源的“无机体”的所谓“有机体”。

作为植物和动物物质的化学——“有机化学”这一概念在贝采里乌斯的著作里第一次出现，是在1806年。在这一年出版的《动物化学讲义》中，贝采里乌斯说道：“自然界被区分为两个大不相同的基本类：有机类和无机类。两类都有相同的组成，都服从于相同的亲合力，并通过这些亲合力彼此不停地转化。无机界是由化合成无数化合物的大量原生物质组成的；有机界的原生物质数量要少些，但它们差不多全部都进入了每个有机体中，而它们的化合物种类也是形形色色、不可计数的……生理学论述活体的组成以及在其中进行化学过程的那一部分叫做有机化学。”

贝采里乌斯开始研究有机化学时就遇到了相当大的困难。与有机化学相比，在19世纪初期以前无机化学的研究已经积累了大量的实验材料与丰富的理论，然而有机化学却只有一些零散事实的汇集，而且有的东西根本上就是错误的。所以当1808年贝采里乌斯出版自己的《化学教科书》第一版时，本打算对有机化合物进行论述，但由于此时对零散的有机化学材料进行分析整理并加以系统化是极为困难的，所以他不得不放弃了自己的初衷。针对这一点，他在教科书中写道：“有机化学是一门如此特殊的科学，以致于一个化学家从无机界的研究转入有机界的研究时，就如同进入了一个他所完全陌生的领域。虽然关于无机界中的元素所遵循的化合量定律学说与电的学说加起来，也将会有助于给有机化学带来更大的明确性，但是我们现在还无法预见这方面的研究成果。”

因此贝采里乌斯认为，关于有机化学的论述，必须推迟到化学家们发现了有机化合物组成的基本定律以及这些化合物的组成元素之间的比例有了可靠的研究结果以后，才能得出一个较为可靠的理论基础。

在对有机化学进行了初步的研究之后，贝采里乌斯明白他面临的困难。在不断的摸索中，他开始走上了力图解决这些困难的艰难而曲折的道路。此时他认为，研究有机化学首先应当研究有机化合物的定性以及定量的组成，这样才会有可能判断这些物质的性质，并且为研究这些化合物化学性质的合理解释打开一条通路。

在18世纪末、19世纪初有关于有机化学最初的研究中，最普遍的是“生机论”学说，按照这一学说的认识，要创造有机物质，就需要有“活力”，没有这种所谓的活力，就无法产生任何有机物质。比如瑞典著名化学家别格曼在1790年写道：“分析实验的正确性要由综合实验来证实；而对动植物界的物质却是不能借助于技巧去进行综合实验的。因为有机体中的主要东西是它的特殊结构，任何技巧都无法产生这种结构，是大自然自己以某种方式实现了这种结构。”

这种生机论学说的流行，造成了有机化学发展的严重阻碍，因为它存在着本质性错误。

同那个时代的许多科学家一样，贝采里乌斯最初也是站在生机论立场上的。他认为，不可能用人工方法合成有机物质，而只有“活体”——活的有机体或器官，才能成为有机物质的来源。“活体”的主要本质在于，它是制约着活的有机体中化学过程的活力，正因为这种活力的存在，才使得有机物

质与无机物质的特征截然不同。

随着研究的深入，贝采里乌斯不再像正统的生机论者那样把活力看成是绝对的力量。在 1814 年他写道：“活力既不是我们身体的组成部分，也不是它的机械部分，也不是一种纯粹的力量，而是身体的化学与机械组分的相互作用的表现，——这种表现随着身体的机械和化学的活动而变化，它在遇到最小的变化和破坏时就完全消失……生命现象的这个已知原因主要作为动物体的一定部分而存在于神经系统中，而且神经系统的作用与活力的作用基本上是相同的。大脑和神经完全决定动物体中的化学过程。但是，直至今日我们的研究与发现都没办法解释这个问题，化学所教给我们的任何东西都与神经系统的作用毫无相似之处。”

不久，贝采里乌斯对广泛应用的活力概念的正确性产生了怀疑。此时生机论的支持者认为，活力不仅在“活体”中表现出来，而且还会转移到它们生命活动的残留物与产物中去。针对这种说法，贝采里乌斯在 1814 年所作的《关于有机化学的若干现存问题》一文中指出了脱离“活体”而借助活力来解释有机物质的错误。他认为，只借助于活力来解释生命过程本身是不行的。因为它们与在“活体”中发生作用的那些深刻的物理化学过程有密切的联系。

但需要指出的是，尽管贝采里乌斯认为广泛应用关于活力的观点在化学方法学上没有依据，但直至他逝世他仍然是忠于生机论的许多观念的。在经他本人修改的最后一版《化学教科书》中，他写道：“在生物界里，元素看来是遵循着一些与在无机界里根本不同的规律，因此它们的相互作用产物也与无机界根本不同。发现无机界中和活体中元素行为的这种差别产生的原因，将会成为有机化学理论的关键。其实，这种原因是如此的隐蔽，至少现在我们是希望找到它的……在形成有机物质时，会有一些神秘的、不可知的、抗拒任何理论解释的生命作用在进行着干预。”

贝采里乌斯对待活力学说的态度，表现了他对无机化学研究的两面性：一方面他是生机论的支持者；另一方面他又是一位自发的唯物主义科学家。即：一方面，他认为植物和动物物质作为有机物质，最重要的特点是不可能用无机元素制成它们；另一方面，他又十分重视把有机化学看成是复合基化学的观点。

在不断的研究中，贝采里乌斯清楚地理解到了 19 世纪初，由于缺乏令人信服的理论及实验材料的不足而在有机化学研究中出现的那些困难，所以他就力图找到能够根本改变这一状况的关键所在。按照他的见解，这个关键的所在应当是有机化合物组成研究的严格的定量方法。同时，也应该遵循着无机化学的各种定律。以此为突破口去探索有机化学。

贝采里乌斯的这个见解具有原则性的意义，在化学中确立了这样一个重要的原理：不管是天然的矿物，还是植物界与动物界的有机化合物，它们的形成也和化学实验室里人工制成的物质的形成一样，服从着同一些定律。

1814 年，根据自己的见解，贝采里乌斯对一系列有机酸进行了定量分析并得出了它们的化学式，如：柠檬酸是 $\text{H}+\text{C}+\text{O}$ ；酒石酸是 $5\text{H}+4\text{C}+5\text{O}$ ；丁二酸是 $4\text{H}+4\text{C}+3\text{O}$ ；醋酸是 $6\text{H}+4\text{C}+3\text{O}$ ；五倍子酸是 $6\text{H}+6\text{C}+3\text{O}$ ；粘液是 $10\text{H}+6\text{C}+8\text{O}$ 。对于自己的研究，他写道：“通过数据分析，我们能够得到这样一种见解，即有机原子具有一定的机械结构，这种结构可以容许把几个固定的元素原子分离开而不致使整体有重大的变化……在最初，有机物的分解很难用微粒说（原子论）去解释；但现在我们见到，随着有机界研究的发展，这些困难已

经被克服了，且在我们当前的知识状况下，只有微粒说才能使我们以满意的方式解释有机原子的组成情况。”

贝采里乌斯在指出各种无机化学计算定律和原子论本身完全适用于有机化学时，同时也指出了它们在有机化学领域内的特殊表现形式。1819年，他在《试论关于化合量的学说》一文中指出：“在有机界中，元素原子的化合定律就它们所容许的定量化合上的极端多样性来说，具有根本不同的性质……在有机界中，化合物的状态可以达到无穷；在它们和无机界化合物之间，不可能找到直接的相似。”

以后，贝采里乌斯又继续进行了有机物质的分析研究。1820年，他测定了硫化氰与硫氰酸的物质百分比组成。1830年，他分析了消旋酒石酸，发现它与酒石酸的组成相同，这使他确立了物质同分异构的概念。就在这几年里，他仔细地研究了红浆果树的果实和叶子以及人的胆汁、尿酸，他还发现了动物和人的肌体内含有乳酸。

在对有机物质进行实验分析的同时，贝采里乌斯还发展了自己的复合基学说。他把复合基理解成这样的一些原子团——它们不含氧，能够不变地从一种化合物转移到另一种化合物中，并能够作为一个整体与各种元素化合。他认为，无机体与有机体组成中的主要差别就在于前者包含的是简单基，而后者包含的是复合基。

随着各国化学家对有机化学研究的逐渐深入，到了19世纪30年代，贝采里乌斯的复合基理论已经无法满足那些反映了有机化合物合理分类的需要。但由于受到固有经验与强烈自信的禁锢，贝采里乌斯没能根据最新的研究成果发展自己的理论。有机化学理论的进一步发展的任务，就留给了其他更有革新思想的化学家了。

贝采里乌斯本人也认识到了这一点。1843年，在经他亲自修改的最后一版《化学教科书》中，他说道：“当已积累的观察材料更加丰富而相反观点的捍卫者们退出研究舞台时，这就给未来的思想家们提供机会去从容地建立新的科学学说体系，这个体系或者将保持下去，或者在不久又被一个新的、更加完善的体系所代替。”

总的说来，贝采里乌斯对于有机化学的实验研究与理论发展起到了巨大的作用，在他和其他一些化学家的推动下，有机化学在19世纪成了最丰富多彩的学科之一。

五、催化作用

很长的一段时期以来，化学家们是从化学亲合力的作用中看到化学变化的原因，这种作用可以随外因——光与热的作用而加强或减弱。19 世纪的最初几年里，科学家们已经发现了电对化学变化过程的影响。随后的十几年里，科学家们对于化学变化的原因，除了用电化学理论解释以外就没有其他的解释了。尤其是在无机化学领域内，用电化学理论去解释化学过程是相当成功的。然而实际上，在化学研究中已经有一些发现说明了，在化学领域内相当普遍地存在着一个与化学亲合力所制约的普通化学反应所完全不同的，无机物和有机物化学变化的特殊范畴。

例如，在 1811 年，基尔霍夫发现了淀粉在稀酸中变成葡萄糖的反应，1814 年，他又研究了在麦芽的影响下，淀粉变成葡萄糖的反应。1818 年，泰纳德观察到了过氧化氢遇到各种无机物与有机物即行分解的现象，而且这些无机物与有机物本身并没有发生任何变化。这些“奇怪”的反应现象，逐渐吸引了科学家们的广泛注意和研究。

随后，戴维在 1820 年发现了铂黑能使酒精在冷却中酸化成醋酸，但它自身不起任何变化。1823 年，杰别莱涅尔观察到在常温下，爆鸣气遇海绵铂即着火的特殊现象。到了 30 年代，关于这种以不平常的方式进行化学反应的现象，已经积累了相当多的资料。此时，开始有人对于这种特殊现象进行了研究。

在这个研究领域内，贝采里乌斯的学生密克尔力特在 1834 年发表的《关于醚的生成》一文，有着很重要的价值。在文中，密克尔力特通过对在硫酸参加下酒精变成醚的反應的研究，给这些特殊的分解与化合现象进行了概念上的定义。他把这些反应统称为接触反应。

此时，贝采里乌斯也对这种异常的反应产生了很大的兴趣。在 1835 年的《年报》中，他第一次总结了这种奇特的现象。1836 年，他又发表了《关于有机体化合时起作用的新力量的某些观念》一文。这篇论文有着极为重要的价值，因为它里面，贝采里乌斯最早把那些多种多样的特殊现象命名为“催化现象”，并把它们看成为一个整体。

在研究过程中，贝采里乌斯发现在这些现象的变化过程中有一个共同点，就是它们是在某些物质的参加下引起，但这些物质的组分没有包含在最后的产物中，因此它们在反应中并没有被利用。他认为，这种起初被当成是特殊现象的物性，其实是一个一般的、但对不同物质来说有不同作用的性质，这种性质在实质上是加以利用的。

在他的论文中，贝采里乌斯阐明了他对催化作用的认识。他写道：“我们的实验证实了，糖变成碳酸与酒精，如在以酶为名而得知的不可溶物质的影响下进行发酵时所起的那种变化，是无法以糖与酶之间的类似双分解的作用来解释的。但是，当与无机界中已知的种种变化关系进行比较时，这种变化表现出与其中任何一种关系的相似都无法与过氧化氢在铂、银的影响下进行分解的相似那样大……而且许多固体形式与溶液形式的单质与复质有作用于复质的特别能力，这种情形与一般的化学亲合力根本不同；这主要表现在它们能引起这个复质中的组分变成其他组分，同时它们自身根本不需要参加这个过程，尽管有时候它们也参加了。

这种对无机界与有机界来说，都能够激发化学活动的新力量当然会更经

常地被见到，然而这个力量的性质现在还不为人所知。尽管我把它叫做新力量，但我却丝毫没有想把它解释成一种脱离物质的电化合定律的力量；相反，我认为它恰恰是电化合定律的表现之一。但是，在我们还没能完全发现它们的相互关系之前，如果把这种力量看成是这样的力量，那么我们的研究就会变得容易；如果给它以自己的名称，那么我们的推论就能变得简化。因此，我要把它叫做物质的‘催化力’，而把借助于它的分解叫做‘催化作用’。”

贝采里乌斯认为，催化作用在有机界中起到了非常重要的作用，在催化现象中寻找解释植物与动物机体中进行的复杂生化过程的原因，是很有根据的。他在预感催化作用对生物化学的巨大意义时写道：“在活的植物与动物的躯干里，无时无刻不在进行着组织与体液之间的催化过程。”

贝采里乌斯在自己的《化学教科书》（第5版）第4卷的《有机物形成的有效原理》一章中，继续发展了他关于催化作用的理论。在这一章中，他写道：“每一个个体的生命从一开始就是靠物质来源源不断地供应的，由于物质的消耗而进行着有机体最初的发育。在植物那里，这些物质存在于种子中；而在动物那里，这些物质则存在于卵和产生新生命的母体中。但是，这种存在于内部的力量，这种通过种种特殊影响而决定着从外部接受来的营养物质必定变成产生种子或卵的那种特别的植物或动物种的力量，乃是我们很难得到解释的一个生命之谜。无论我们多么认真努力地进行有机体实验，我们都很难理解这个符合于它们目的与作用的‘统制之神’。”

然而，我们在经过了不懈地努力以后，终于能够在一些领域中取得了一点进展，但无论谁也无法预见我们在将来适当的研究下，能继续在这方面进展多少。然而现在我们认为，我们已经在生物界对催化力的应用中取得了积极的进展。看来，这个力量要比无机化学现象所能拥有的活动范围广泛得多。”

贝采里乌斯所做的这些概括性的理论原理，对于催化作用学说的更进一步发展，对于认识生物界中无时无刻不在进行的生化作用，有着深刻而且重大的意义。贝采里乌斯在自己的研究过程中，搞清楚了一个可以把一系列催化过程结合成一个大类的普遍性特征；而在他进行研究之前，化学界把这些催化过程与一般的化学变化完全地分离开了。是贝采里乌斯把催化作用学说融入到化学理论之中。

贝采里乌斯关于催化作用的理论的提出，遭到了不少化学家的反对。他们认为这一理论主要还是贝采里乌斯的假设，一旦把它引入化学研究中，势必会产生新的研究障碍。

对此，贝采里乌斯进行了反击，他在论文中写道：“有些自然科学家认为，接受催化力的概念就会导致以一个未知解释另一个未知。然而根本不是这样。我们从无机界，从铂到二氧化锰，到有机界，到蛋白、淀粉、酵母与其他类似物质的作用全面彻底研究了这种力量。现在可以说，虽然我们的理解与这种力量还相差很远，但我们已经知道了它的存在，知道了在它的协助下产生的各种各样的产物。”

近一百年后，苏联化学家丘加耶夫在评述贝采里乌斯所提出的催化作用理论时说道：“贝采里乌斯给化学反应的一个广大而重要的范畴盖上了‘催化作用’的图章，引起了化学家们的注意和研究。他指出了催化作用对于生命现象的重要意义，从而成为生物化学一个最有成效的新派别的先锋之

六、结束语

贝采里乌斯是现代化学的奠基人之一。的确，正是靠了他的研究才奠定了原子论的巩固基础，才得以把 19 世纪初以前在化学中积累的大量实际材料纳入了一个严整的体系之中。他测定了上千种不同物质的化学组成；他发现了 6 种化学元素并测定了那时所有已知元素的原子量。他的多卷本著作《化学教科书》是以后几代化学家的指导著作；他主编的 27 卷《物理化学进展年报》是全世界科学家都熟悉的。

贝采里乌斯的科学活动范围很广，他擅长于宏大的概括，他具有坚韧的毅力与超乎寻常的能力，他看重实验并有着令人惊叹的实验技巧。

贝采里乌斯一生孜孜不倦。他有时进行实验和作出新的发现，有时提出新的概念和理论，有时编写教科书，有时为年报进行编辑。另外，他还要抽时间阅读那些新出版的关于化学方面的书籍，并且经常地同欧洲各国的科学家们进行书信往来。他的头脑包括了当时化学的所有内容，他是化学和矿物学的权威专家。他可以说是集那一时期一切化学知识大成以及与化学相关学科知识方面的独一无二的伟大学者。1836 年，就这一点贝采里乌斯写道：“我活过的那时代特别有利于我所献身的科学研究，但那个时代已经一去不复返了。当我开始自己的事业时，化学差不多是在摇篮中；人们有能力掌握它的范围，用不了多少时间就可以在全部范围内研究它。然而现在，经过 40 年的进步以后，它对初学者来说是一项如此浩瀚的海洋，以致于用尽时间进行科学研究也只能掌握它的一部分，而它的全部也许是任何人都无法掌握的。”

亨利·罗兹在回忆自己的老师时写道：“假如一个人是以最杰出的研究武装自己，以最重要的实际材料丰富着自己所研究的这门科学，在实验的和理论的研究方面都同样出色，用哲学的观点来了解一切，同时把零散的事实清楚地予以系统化……最后，又能在好学的学生们当中树立实践与理论之师的崇高榜样，那么，这样的人就是在科学中履行了最大的义务；而履行到这种程度，就会使他在将来成为光辉的榜样。

贝采里乌斯先生就是这样一个人。很少有人比他更完美地在自己身上结合了这一切品质。在这方面，至少在化学科学界中，他是古今独步的。”

