

一个生物化学家 的求索

周光召著

科学出版社

内 容 简 介

本书作者是迈尔霍夫学派的老一辈生物化学家，他是生物化学发展的历史见证人之一。

全书共分两部分。第一部分以作者的科学活动为线索，用故事的形式叙述了生物化学史诗般发展的历史；第二部分是选载了作者的八篇论文。

本书可供初学生物化学的读者，医、工、农部门的广大工作人员，以及从事生物化学工作的科技人员参考。

Fritz Lipmann

WANDERINGS OF A BIOCHEMIST

John Wiley & Sons, Inc. 1971.

一个生物化学家的求索

〔美〕F. 李普曼 著

周廷冲 孙曼霁 夏德意 译

石幼珊 校

责任编辑 高小琪

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年4月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年4月第一次印刷 印张：8 1/8

印数：0001—3,500 字数：184,000

统一书号：13031·3158

本社书号：4719·13—10

定 价：1.50 元

序 言

我着手写这本书时想写的完全是另一个样子。原来打算走一条容易走的路，将我的论文按年月排列，其间用简短的注解连贯起来。我将我的文章加以挑选，最后选出来的篇幅很大。实质上，是想对这方面的生手传授一些经验。为此，我决定请我的学生看看我写出来的东西。约翰·希尔德布兰德 (John Hildebrand) 和克利斯·沃尔什 (Chris Walsh) 当时和里昂纳德·斯佩克特 (Leonard Spector) 一起研究的题目同我过去作过的辅酶A-乙酰磷酸的某些方面有些关联。我发现他们对生物化学的发展史有着令人惊异的兴趣，其所以令人惊异是因为大多数学生对生物化学史的记忆不超出5至10年。然而他们两人却认为我经历了史诗般的年代，他们不仅要知其然，更要知其所以然。

这样一来就难了，因为我就得学会写故事，我决定按照现在写成的样子重新改写我的原稿。第一部分是写学习与探索的年代，仿照歌德的《Wilhelm Meister 的学习时期和探索时期》，大多数篇幅写成了回忆录。书名中“wandering”一词的词义介乎德语和美语之间，意即求索或漫游，科学地说，就是兴之所至，随笔而写，不问导至何方。

正因为我愿意保留故事的特色，所以就没有在正文中插入参考文献，而把它们列于每章的末尾。

如果没有我们的秘书克里斯琴·吉莱斯皮 (Christian Gillespie) 小姐的敦促和全心全意的真诚帮助，这本书不可能问世。对此，我致以最真挚的谢意。

F. 李普曼

纽约市洛克菲勒大学，1970年7月

• i •

译者附记

生物化学对医学、工业和农业都是十分重要的一门学科，既有理论意义也有实用意义。不少初学者往往不知道生物化学发展的来龙去脉，对它缺乏历史唯物主义的认识，学习和实践时只能死记、硬背、抓不住重点。本书作者李普曼是德国法西斯铁蹄下迈尔霍夫学派倖存的老一辈生物化学家之一。他是生物化学史诗般发展的历史见证人，今年已经85岁高龄了。他在国际上享有很高的声誉，具有非凡的想象力，对新生事物敏感，为人热情，作风民主，愿意接受不同意见。他受过很好的科学训练，有着高超的指导工作的能力。在他的实验室中，人们思想活跃、相互尊重、志趣相投。

译者之一对此书很感兴趣，曾往北京各图书馆借阅未得。1980年11月忽接作者寄来此书。象这种传记性的科学著作出自一个伟大的生物化学家之手还是不多见的，读后发人深思，启示甚大。译者认为将此书译出，供我国从事生物化学工作者参考和借鉴是有意义的。

周廷冲 孙曼霖 夏德意

1984年10月

目 录

第一部分 传记（偏重于科学方面的活动）

一、缓慢的开始·····	(1)
(一) 习医年代·····	(1)
(二) 舍医学而去·····	(2)
(三) 决定攻读化学·····	(3)
二、迈尔霍夫实验室 (1927—1930) ·····	(5)
(一) 我在迈尔霍夫实验室的工作·····	(7)
(二) 在无细胞发酵的研究上走过的弯路·····	(10)
(三) 磷酸键能代谢功能的发现·····	(17)
三、我的自述·····	(22)
(一) 求职·····	(22)
(二) 随同阿尔贝特·菲舍尔从事组织培养·····	(23)
四、在洛克菲勒研究所·····	(25)
从磷蛋白中分离磷酸丝氨酸·····	(25)
五、在哥本哈根 (1932—1939) ·····	(30)
(一) 巴斯德效应·····	(30)
(二) 丙酮酸氧化·····	(31)
(三) 到美国去·····	(39)
(四) 在杜·维格诺德实验室和迪安·伯克从事恶性肿 瘤的研究工作·····	(40)
(五) 简单的回顾·····	(41)
六、在马萨诸塞总医院 (1941—1957) ·····	(44)
(一) 从乙酰磷酸到辅酶A探求中的艰辛和失误·····	(47)
(二) 在辅酶A中发现泛酸·····	(49)

(三) 呼吸磷酸化反应的解偶联·····	(55)
(四) 结束辅酶A的工作·····	(61)
七、氨甲酰磷酸酯·····	(65)
氨甲酰磷酸酯是酶促合成瓜氨酸中的氨甲酰供体·····	(67)
八、硫酸盐的活化·····	(75)
九、蛋白质合成·····	(95)
(一) 多肽合成中的一个模型·····	(98)
(二) 迁居洛克菲勒大学以后 (1957)·····	(100)
(三) 蛋白质生物合成中多肽链的延长·····	(108)

第二部分 八篇论文

一、B族维生素的生化功能·····	(135)
二、代谢过程的模式·····	(145)
三、生物合成的机理·····	(157)
四、尝试以化学电位表达生物利用能量的公式·····	(182)
五、分子技术学·····	(193)
六、聚合反应中方向和机理间的关系·····	(205)
七、从生物合成进化的现阶段设想过去·····	(233)
八、知识的指数增长造成的不均衡性·····	(250)

第一部分

传记（偏重于科学方面的活动）

一、缓慢的开始

（一）习医年代

我开始是学医的，离开大学预科后，先在家乡坎特省（Kant）的柯尼斯堡（Koenigsberg）市读书，该市当时是德国最东部与俄国相邻的省份东普鲁士的首府，因为是靠俄国边界最大的城市，德国政府把这个大学办得比其他同样大小城市中的大学水平高一些。医学的年代在我的记忆中留有一定的感情色彩。医科学生们总把自己看作一个特殊的集团，他们所熟悉的机体内部活动，对多数人来说是个禁地，我们为属于这个集团而颇感自豪。在临床工作期间，可以周游各地，而我就到了柏林，听著名的临床大医生们演讲。我在慕尼黑过的一个学期，学习空气很活跃，当时我的兄弟在那里攻读文学，我住在施瓦平（Schwabing）置身于我兄弟周围的艺术家和戏剧家之中。然而从职业角度上说，我从未超出医学的圈子。例如在慕尼黑，我连想都没有想过去听听大化学家维尔斯塔特（Willstatter）的演讲。

我还要回柯尼斯堡，在考试前还有一段时间，按照惯例，暑期为准备期终考试，我在各科室作临床。我在精神病科过了一个暑假，时间虽短，但至今不忘。我在一个周围都

是精神失常的人的环境里过得很不自在，有一个人，患失去理性的抑郁症，执拗地想自杀。我和他作过长谈，他已几度想自杀，甚至在病房中还有此企图，要深入地了解这样一个有强迫观念的人问题的症结所在是何等地困难啊！此事长期印在我的脑子里。许多学校还规定要在妇产科实习两周。在此期间要住在门诊，当一个有经验医生的助手，在城里出诊接生。那个时候，医生多半是到病人家里去看病，而病人来医院就诊较少。有一次要我在相当简陋的条件下接生，我把手连臂伸入已张开的阴道里，抓住婴儿的腿把他拖了出来，这种情景仍历历在目。其他操作则由我那有经验的同伴去完成。在医学中，一个见习学生得到的生物学方面的教育对从事任何职业的人都是最好的准备。

(二) 舍医学而去

考试刚结束，我就开始出现怀疑是否从医的念头。一个重要的原因是我不能适应它的商业性质：用金钱买得健康，为提供这一服务而接受病人的付款。但在柯尼斯堡市医院做了半年实习医生后，由于父母的一些医生朋友竭力劝说，我还是决定到病理学科学了一个时期，作为行医的准备。通过私人联系，一位在柏林贫民区腓特烈海因(Friedrichshein)一个大医院工作的著名病理学家路威·皮克(Ludwig Pick)接受我在他那里工作。我搬到那里，学了三个月病理学。每天早晨解剖尸体，下午看显微镜。我记得最清楚的是皮克的那惊人的诊断技术。但是干了三个月我就腻烦了。

正是这个时候，我初次跨入生物化学界，并决定报名选修了彼得·罗纳(Peter Rona)的一门三个月的特别课程。罗纳曾经同里奥诺·米夏埃利斯(Leonor Michaelis)合

作过，当我把这个决定告诉路威·皮克时，他大吃一惊，那时医生和生物化学之间联系极小，多数德国医学院校只把生物化学作为生理学的附加课程来讲授。

罗纳的课有点像生物化学的马拉松长跑，精选了一套最新的方法，可以学到如何测量pH以及浅近的胶体化学和电泳。我们要在一个简单的U形管内，使血红蛋白在电场内移动。我们花了不少时间学习测压计技术，用的仍是梨形巴克罗夫特（Barcroft）瓶，当时这种瓶还没有被瓦尔堡（Warburg）瓶所取代。对一个究竟生物化学是什么只有一点起码理解的医生来说，这是极好的训练。

在德国要得到医学博士学位，必须写一篇简短的论文。我的论文是在罗纳实验室里做的，因为我已经对当时很流行的胶体化学感兴趣了。

（三）决定攻读化学

走向生物化学的第二步是我高兴地接受了荷兰赠与的奖学金。那时正值德国通货猛烈膨胀，谁有机会离开那里都会求之不得。这项奖学金使我能进入在阿姆斯特丹（Amsterdam）的莱奎尔（Laqueur）的药理学实验室。我在那里四个月，做了我第一个以生物化学为题的实验。这是一个转折点，使我严肃认真地决定成为一个生物化学家。就是在这次短暂的接触中，我清楚地认识到学习化学的重要性。于是我决定回到我的家乡可以同父母住在一起。很幸运，汉斯·梅尔魏因（Hans Meerwein）这位真正的伟大的有机化学家，当时正在柯尼斯堡。现在，医学和化学的结合已很普遍，而在那时却是很不寻常的。因此，我就要花一点时间去说服梅尔魏因教授，允许我走一条捷径取得医学预科化学的学分。

这一段时期最难忘的感受是梅尔魏因教授的课程，我们作为研究生每年必须听这些讲演。它使我掌握了我原先已感到需要的有机化学的知识。

三年中，我学完了大部分必修课程，有点急不可待地准备去做真正的生物化学工作了。当时有两个实验室专业十分接近，这就是卡尔·诺伊贝格 (Carl Neuberg) 和奥托·迈尔霍夫两个班子，他们同时研究中间代谢领域中相似的题目，但是从不同的侧面进行。诺伊贝格从化学方面着手，而迈尔霍夫实验室则更多地倾向于从生物学方面，后者与我心中的愿望更为接近。1927年我被接受在该实验室里工作。

参 考 文 献

- [1] Über die Wirkung der Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration auf den Flockungsvorgang beim positiven und negativen Eisenhydroxydsol. With P. Rona, *Biochem. Z.* 147, 163 (1924).
- [2] Einfluss von intravenöser Glykogen- und Stärkeinspritzung auf den Blutzucker beim Kaninchen. With J. Planelles, *Biochem. Z.* 163, 406 (1925).

二、迈尔霍夫实验室（1927—1930）

凯泽-威廉（Kaiser-Wilhelm）生物研究所包括迈尔霍夫实验室，是当时达勒姆（Dahlem）科学团体的一部分。生物楼里有各种各样的实验室。迈尔霍夫的实验室位于一楼，中间数层为遗传学家们所有，科伦斯（Correns）给我的印象是：留着蓬松的红灰色胡子，在后院他种的豌豆地里来回走动。后来我才知道他是孟德尔学说的重新发现者之一。还有戈尔德施米特、施特恩、曼戈尔德（Goldschmidt, Stern, Mangold）和哈特曼（Hartmann）是迈尔霍夫的好朋友，他们大多数后来都定居美国。研究所的顶楼，最高的一层是奥托·瓦尔堡的实验室。瓦尔堡当时已带有某种神秘色彩，我们对他无限崇拜，但很少和他见面，偶尔在黄昏时分，他下到下面几层楼来，我们会看到他一眼。他愿意同高级技术人员一起工作，所有这些人，都是从耶拿（Jena）的蔡斯（Zeiss）工厂附设的精密机械高等学校里训练出来的。他们中突出的是内格莱因（Negelein）（后来得到了一个化学学位），还有一个叫克里斯琴（Christian）。这两个人对那里作出的伟大工作，尤其是后来在瓦尔堡搬到细胞生理学研究所新楼里所做的工作都起过作用。这个新楼是我离开迈尔霍夫后不久搬去的。他把少数具有较高学位的人留下和他工作了一段时间，这些人有汉斯·A.克雷布斯（Hans A. Krebs）、汉斯·格夫隆（Hans Gaffron）和后来的比歇尔（Bücher）以及一些外国访问学者。我在迈尔霍夫那里工作时，克雷布斯和格夫隆也正在那里工作，

他们和我以及楼上的人建立了联系。

生物楼仅是著名的达勒姆科学团体的一小部份，那里还有我们经常联系的诺伊贝格生物化学研究所以及奥托·哈恩（Otto Hahn）和莱斯·迈特纳（Liese Meitner）的化学所，哈恩和迈特纳后来发现了核裂变。此外还有哈贝尔（Haber）研究所，那里有邦赫费尔（Bonhöffer）、卡尔曼（Kalman）和很多其他很有意思的人物。哈贝尔主要由氮的合成得名，他在这里处于支配地位，并以某种方式在这个综合实验楼中把化学与生物学结合起来。那种经常是包括生物学问题在内的讨论会，是大家会面的地方，他总是能紧紧地抓住一个问题的本质引起并领导展开讨论。

迈尔霍夫和瓦尔堡是对我后来影响最大的两个人。迈尔霍夫为人不易相处，我们往来并不密切，然而我日后所做的工作大多已在那时初具雏形了，我几乎可以说，后来的工作是从当时环境中衍化出来的。我在那里时，对磷酸化学最感兴趣，这是迈尔霍夫启发洛曼（Lohmann）去开展的研究，我从洛曼那里学会了磷酸衍生物的工作，他研究出一种极好的区别各种磷酸化合物的技术，即用各种方法释出磷酸，而主要以酸水解的不同速度来识别这些化合物。

迈尔霍夫是他的研究班子的精神支柱，起初我对他所热衷的、有时是难以控制的肌肉能量学有点畏缩，然而这对我后来的工作有着极深刻的影响。迈尔霍夫真不愧是瓦尔堡的学生。他开始时很倾向于作哲学的概括，但是和瓦尔堡短期的合作成为他工作的转折点，看来这合作使他相信解释生命现象最有希望的途径是用物理化学去探讨，瓦尔堡那种绝不调和与推测的极端严格的讲究实效的态度，从四楼传给了我们。他成为我们心目中的英雄。他执拗地坚持让实验说话并把解释和引伸限制到最小程度，这种作风成为我们这一代人

的工作准则。这种作风已收到成效，因为它奠定了使生物学发展成为一门确切的科学的基础，到现在使我们能慢慢地深入到更理论化的生物学中去。

我从来没有直接和瓦尔堡工作过，但是法国查普维尔 (Francois Chapeville) 的一句话使我十分感动。在巴黎一次光合作用的会议期间，查普维尔和他共进午餐时说起曾和我一起工作过，瓦尔堡对查普维尔说：“噢，那么你是我的孙子了。”

(一) 我在迈尔霍夫实验室的工作

我到迈尔霍夫实验室去的时候，最突出的有两个问题，一个是研究糖酵解的机制，称为葡萄糖或动物组织内糖原的乳酸发酵。第二个是肌肉收缩时磷酸肌酸 ($\text{Cr}\sim\text{P}$) 的功能， $\text{Cr}\sim\text{P}$ 是当时新发现的物质。回想我第一组简单而又没有成功的实验就足以说明当时普遍地对糖酵解的中间途径以及高能磷酸酯作用的机制理解得多么模糊。

那时 (1927—1930) 在迈尔霍夫实验室里采用的是一种对糖酵解有活性也容易制备的蛙肌提取物，或更好的是家兔肌肉匀浆提取物，主要用来比较糖酵解与酵母的酒精发酵作用。在酒精发酵中，哈登 (Harden) 和罗宾逊 (Robinson) 已经发现了各种磷酸己糖的中间产物。迈尔霍夫从面包师的酵母自溶物里分离出糖酵解反应中葡萄糖的活化剂后，肌肉中的糖酵解和酵母的酒精发酵的类似性就更为明显了。肌肉提取物是用沙子和蒸馏水把肌匀浆放在冷却的研钵中轻轻研磨制得的。这种提取物中没有糖原，相比之下容易分解糖原，却不能酵解葡萄糖。但是那时的理解水平还达不到认识其中的原因，不知道这些提取物中有糖原磷酸化酶

而没有己糖激酶使葡萄糖磷酸化。然而，举例来说，酵母的提取物即常用的莱贝德夫 (Lebedev) 液汁是一种干酵母的和缓的自溶物，很容易酵解葡萄糖，这就促使迈尔霍夫到酵母自溶物中寻找葡萄糖“活化剂”。那时葡萄糖这种活化机理还是很神秘的。因此，我同瞎子摸鱼一样，第一次用酵母自溶物制剂作为葡萄糖活化剂注射给家兔，观察它有无和胰岛素相似的作用，这说明了当时对这方面多么无知。在这之前我告诉过迈尔霍夫我在莱奎尔实验室时，曾尝试用静脉注射淀粉或糖原，目的在看是否能缓解胰岛素低血糖症，因此我会测定血糖。幸而注射含己糖激酶的粗酵母制剂并未降低血糖，而注射外源蛋白引起的非特异性效应可能使血糖降低。

另一个瞎子摸鱼的事例是测定乙酰胆碱引起的蛙缝匠肌的无张力收缩是否会导致 $\text{Cr}\sim\text{P}$ 的分解。那时埃格尔斯顿斯 (Egglesons) 已发现 $\text{Cr}\sim\text{P}$ ，由于它对酸不稳定而被称为磷酸原 (Phosphagen)。它的化学的特征鉴定已由菲斯克 (Fiske) 和萨巴罗 (Subbarow) 十分出色地完成了。 $\text{Cr}\sim\text{P}$ 相当大量地存在于骨骼肌肉中，但其功能还有待研究。迈尔霍夫实验室发现它水解时产生很大热量，约12—15千卡/克分子，这与肌肉收缩有关，然而，肌肉收缩的张力和产生乳酸的量的比例关系同上述实验并不吻合。迈尔霍夫测定正常的肌肉收缩在无氧条件下形成的乳酸，热当量为13千卡/克分子，因此作了无张力乙酰胆碱挛缩是否可能和 $\text{Cr}\sim\text{P}$ 有关的试验。可是，我做的关于这种挛缩的实验并未证明它引起 $\text{Cr}\sim\text{P}$ 的分解。

这些简短的尝试，使我懂得了如果不能得到预期结果也不要失望，这就引导我进行那种冒险性小一些、稳健一些的工作，即氟化物反应的效应。一般认为氟化物是糖酵解的标

准抑制剂，但是它的作用机制还不太清楚。我的研究无助于了解它的作用方式，但是我发现了肌肉提取物对磷酸酯的水解有某些抑制效应，于是开始对氟化物对肝酯酶的抑制效应有了兴趣。瓦尔堡对重金属在酶催化中的作用十分重视，引起我对公认的氟化物与高铁血红蛋白的相互作用进行再核实。实验的结果证明和我的酶抑制问题无关，但是实验本身使我感到很有意思。

我当时把所有这些工作写成三篇文章，合起来足够作我的博士论文了，但我还必须补一些指定的要求：学一些物理学和植物学，还要学一点哲学。在柏林，哲学是得到博士学位的第四个条件。这就使我有机会愉快地见到沃夫根·克勒（Wolfgang Koehler），我的学位主要评审人。我已记不清细节了，只记得我面对化学、物理和植物学三位权威评审人的分别提问，中间短暂停歇时显得疲乏不堪，这时他们对我的和蔼与同情给我留下很深的印象。除了好心的沃夫根·克勒以外，我记得的就只是希尔德布兰德（Hildebrand）对我的植物学考试了，那时他因研究一种与激素相似的可促进植物创伤愈合的物质而著名。当时我到他家中应考时，见他老态龙钟，身体不大好，但给人的印象很深，我模糊地记得，我们略为谈了谈他的创伤激素。所有这些紧张工作给我留下的记忆不是那些学习的内容，而是同这些给人深刻印象人物的接触。

经受了这艰苦的考试后，我开始了与卡尔·洛曼的有益的合作，这在某种程度上是我关于氟化物的经验的发展。从洛曼那里，我学到了磷酸酯化学，这是我后来广泛地运用了。总起来说，从这些研究中似乎可以看出肌肉提取物能把哈登-扬（Harden-Young）的二磷酸果糖（FDP）转化成当时认为的一种新酯。这种转化的证据是在孵温后磷酸酯键

对酸水解极为稳定。当时我们没有想到FDP需要断裂成两个3-碳片段，因而没有得到正确的解释。即从不稳定到稳定的磷酸酯的转化是由于FDP裂解为两个三碳糖单磷酸酯，然后经过歧化作用变为磷酸甘油酸及甘油磷酸。这两者对酸水解都是稳定的。

（二）在无细胞发酵的研究上走过的弯路

洛曼和我结束我们共同的工作不久，实验室迁到了海德堡。再也不去想我们做过的实验了。然而，三年以后，即1932年，在我和我的妻子第一次访问美国的归途中，我们途经伦敦访问了利斯特（Lister）研究所，那是发现哈登-扬酯的地方。哈登已经相当老了，身体也不太好，我只和他见了一面，时间很短，但是我很高兴见到了罗宾逊，人极好，温文尔雅、博学多识、洞察力很强。他直接了当地跟我谈到洛曼和我发表的关于这一新酯的性质的文章。记得我说我对发生的这种转化没有把握。现在回想起来，他们当时似乎比我们更加意识到这一转化的不寻常性质。

回顾这一段早期的经历，使我想起研究磷酸化反应和酒精发酵之间的关系那段发展缓慢的时期。这促使我回到在无细胞发酵中哈登对磷酸固定的惊人发现。那时我重读了他的精彩著作《酒精发酵》。他广泛地引用了上面提到的洛曼和我写的文章，使我颇为震动。读到哈登对我的文章的赞赏，我真正感到这是埃姆布登（Embden）及其同事关于酵解机理作出重要解释的一个转折点。

为了说清后来发生的事情背景，有必要追述一下在1930年我们的文章发表时，对发酵和酵解的理解水平。我很高兴有机会在此扼要重述阿瑟·哈登的著作《酒精发酵》

(Longman Group Ltd, 伦敦, 1932) 中有历史意义的序言。它给我的印象深刻, 对我的影响强烈。我将从他对待化学家伯齐利厄斯 (Berzelius)、利比希 (Liebig) 同一些后来有巴斯德参加的生物学家之间的争论说起:

“伯齐利厄斯〔在1836年〕本人也认为发酵是由于酵母通过催化力而发生的, 他认为这种催化力参与多种反应……〔并且〕, 至于酒精发酵, 利比格〔1839〕的主要论点可以扼要的总结一下。酒精发酵的结果, 使糖的全部碳原子均在酒精中再现, 并形成二氧化碳。这一变化是由一组称为酶的物质引起的……”

这些论点有力地反对了当时认为发酵不能脱离活体的概念, 发酵是从“突然的发现”中发展的。至少有三个学者〔卡格涅-拉图尔 (Cagniard-Latour), 1835—1838, 施旺 (Schwann), 1837, 和舒尔策 (Schulze), 1836〕几乎同时发现了当时还是十分神秘的发酵的原因, 认为是由于微生物存在而引起。在此之前, 哈登说过:

“迄今 (即1836年前), 那些致力于研究发酵的人们还没有怀疑过这些变化与化学家们所熟悉的很多其他反应有本质的不同。”

于是在化学家与生物学家间发生了一场争论, 起初不太激烈, 直至1857年前后, 巴斯德开始研究发酵, 他的研究使他得出以下结论 (1860年):

“发酵的化学作用, 本质上是一种与生命活动有关的现象, 随着生命活动的开始而开始, 随着生命的停止而停止。我的意见是, 如果没有细胞的组成发展繁殖, 或已形成的细胞的继续生存, 永远不会有酒精发酵, 这本专题报告中的结果在我看来是与利比希和伯齐利厄斯的观点完全相反的。若是问我糖降解化学作用包括什么内容及其发生的真正原因,