

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

巴斯德



路易·巴斯德（公元1822—1895年）是19世纪中叶到末叶的法国著名科学家。他一生从事于科学上的各项研究，神奇地完成了化学和生物学上许多重大工作，创建了近代微生物学，率先向微生物发起了进攻，给人类带来了极大的福祉。巴斯德一生都在努力帮助或解救别人的痛苦和困难。他具有一颗拯救苦难人类的爱心，被誉为“爱的科学家”。

一、勤奋求学的时代

1822年12月27日，巴斯德生于法国的多尔。他的曾祖父克洛德·艾蒂安·巴斯德是德雷西埃伯爵家的农奴，父亲让·约瑟夫·巴斯德是一位制革工人，母亲让娜·艾蒂安内特也没受过什么教育。小巴斯德有一个姐姐和两个妹妹。在巴斯德很小的时候，他们举家迁往阿尔布瓦，他的父亲仍从事鞣皮行业。巴斯德在这里度过了他的童年时代，读完了小学和中学。

巴斯德小的时候，是一个很平常的孩子。在小学校里他的成绩不很好，在班上属于中间略好而已。那时候，小学老师喜欢把学生分成几个小组，挑选最好的学生来带头朗读。小巴斯德非常希望能当上这个带头人，带着大家一块朗读多神气啊。可是，他一次也没有被选上。

小巴斯德不喜欢和其他小孩一起玩粗暴的游戏，而是喜欢静静地画画，他的画画得不错。阿尔布瓦的许多人看了他的画，都称赞说：“哦，的确很出色。路易是个艺术家。”巴斯德的父亲想的却是希望儿子在学问上有长进。

小学毕业后，巴斯德升入中学。在中学里，巴斯德也没有取得很好成绩，但他学习非常认真，做课时总要反复推敲每一道题目的答案，不怕别人讥笑自己脑子慢，具有深思熟虑的心性。中学校长罗马奈先生观察到巴斯德的这一心性，他认为：“路易·巴斯德的考试成绩不怎么好，一点也不突出。可是他有良好的心性，非常热心且思虑深入。如能诱导他发挥这一长处，他必能成为杰出人物。”

这位罗马奈先生是第一个发现巴斯德才干的人，也是给予巴斯德一生很大影响的人。由于罗马奈先生的教导，在巴斯德心中植下了景仰伟人伟业的种子。

在巴斯德临近中学毕业时，罗马奈校长指点他报考法国两所鼎鼎大名的学校之一——高等师范学校。另一所为高等理工科学校。法国的伟人多出于这两所学校。1838年10月底，未满15岁的巴斯德来到巴黎，准备大学入学的资格考试。由于思乡心切，巴斯德11月中旬便返回阿尔布瓦的母校继续读书。阿尔布瓦中学没有哲学课。1839年巴斯德转到弗朗什孔泰镇的布桑松皇家中学学习，准备高等师范学校的考试。巴斯德拼命用功，偶而也提笔作画。1840年8月，他通过了大学资格考试，成绩并不突出，他想继续准备，再参加考试。法国的考试制度极为严格，考试成绩都是跟着人一辈子，并影响其以后的生涯。

暑假过后，布桑松皇家中学的校长雷佩考聘请巴斯德担任学校的辅导教师。巴斯德问校长：“我的成绩并不很好，比我强的人多的是。请问为什么聘请我呢？”

“如你所说，成绩比你好的人是有的。但是，成绩好的人不一定能成为好老师。教育工作，单单脑筋好是不行的。人要实在、认真、热心才是最重要的。你具有这些优点，所以推荐你为助教，请接受吧。”

巴斯德欣然地接受了聘请，在准备大学入学考试的同时，指导学生的功课。巴斯德秉性认真，学生们都非常尊敬他，听从他的教导。

1842年8月，巴斯德考取了高等师范，名列22人中的第14名，成绩仍不太好。巴斯德觉得“这样的成绩，实在难以令人满意”。他决心明年重考。

这年10月，巴斯德和好友夏普易同赴巴黎读书，寄宿在同乡巴尔贝先生经营的学生公寓里。这一次的巴斯德不再是前次的小孩子了，而是以辅导教师的身份进入学生公寓。寄宿费只有普通学生的三分之一，但他要辅导青年学生复习初等数学。辅导之后，再到圣路易中学上学。由于巴斯德经常帮助公寓做许多事情，非常勤快，因此，巴尔贝先生免除了他的全部寄宿费用。

1843年，巴斯德在圣路易中学成绩优秀，获得了两张奖状。8月，他以第四名的优异成绩考上了高等师范学校。

成为高等师范理科学生的巴斯德更加努力用功。被誉为花都的巴黎有各种各样、形形色色的游乐场所，对于这一切，认真读书的巴斯德却视而不见，一上完课，他不是去图书馆，就是去实验室，直到毕业。

远在家乡的父亲很了解自己儿子的个性，每次来信都要叮嘱他：“我们都很担心你用功过度。”要他照顾好自己。

好朋友夏普易在学校规定可外出的时间找到巴斯德，“巴斯德，去散散步吧！”巴斯德的回答一定是：“正在实验中，没法去散什么步啊。”“但现在外出时间啦。”“就是外出时间，实验不做完不行。”“现在实验室内只有你一个人，还有谁在做实验呢？大家都到巴黎街上透气去了……”“只我一个也没有关系。我想做实验，我喜欢在实验室里。”“……我知道了。不过，要是因为用功过度而弄坏了身体，也是不好的，你父亲好担心啊。”“好了，不要管我好不好？我的实验不能中途停止。”好朋友不能使巴斯德离开实验室，只好静静的坐在实验室的角落里，等待着巴斯德把实验做完。

有时，巴斯德拗不过夏普易，只好说：“好了，散步去吧。”他们经常到学校附近的卢森堡公园散步。谈论的话题离不开两人的功课。夏普易对巴斯德谈他的哲学，巴斯德对夏普易谈他的科学。夏普易说：“不管什么时候去找你，总见你搬东弄西的忙着实验。你竟不觉厌倦，真令我奇怪！”巴斯德笑了，“不只是你，连理科学的学生们也很奇怪，他们把我叫做‘实验室的蛀虫’哩。”“实验是那么好玩吗？”“与其说好玩有趣，不如说是课堂上听到的事情，不做个实验来证明确实不确实，我就安不下心来。”“——实验的话，很麻烦。”“是麻烦，时间长的实验，一般的人都会中止，可是我不做到底就静不下来。”“你真有耐心。”“有一回，化学课上讲到提炼磷的方法，我就实际地试了一下，到肉店买骨头来烧，然后用硫酸处理磨细的骨灰，终于成功地提炼出60克的磷。当时我非常高兴。初次尝到了做科学家的乐趣。”对于不善玩乐而只知用功的巴斯德来说，与好友散步树荫下，倾谈他所喜爱的学业是一大乐事。

被同学们称做“实验室蛀虫”的巴斯德，在临近毕业之前，还在专心地做实验，而其他同学则全力以赴地准备毕业考试去了。所以，巴斯德的毕业考试成绩并不是很好。学士考试名列第七。物理学资格考试共14人参加，在录取的4人中，他名列第三。巴斯德在学生时代并没有显现天才的鳞爪。

1846年，巴斯德从高等师范毕业，那年他23岁。

高等师范毕业的巴斯德本来应该到地方的中学担任教师。可是，年轻的化学家巴拉尔先生（发现了溴元素）请教育部长任命他为研究室助手。巴斯

德认为能在这位年轻的优秀学者手下工作，实在是太幸运了，他非常感谢恩师巴拉尔先生。

二、步入化学之门

担任高等师范学校研究室助手的巴斯德，边做助手工作，边做博士论文。巴斯德与 A·劳伦特合作，对结晶学的某些理论进行检验。这对巴斯德今后从事的研究是有一定影响的。1847年8月，巴斯德通过了博士论文，获得博士学位。他的化学论文是“亚砷酸饱和量的研究——关于亚砷酸钾、亚砷酸铵的研究”，物理论文是：“关于液体旋偏振现象的研究。”

巴斯德整天呆在研究室里，研究他在学生时代就感兴趣的“酒石酸”。

酒石酸是瑞典化学家谢勒于1770年在葡萄酒精中叫做“酒石”的硬皮中发现的。它在医药和染料工业中有着重要的用途。1820年凯斯特纳于设在唐恩的酒厂制造酒石酸时，发现了副酒石酸。1828年G·吕萨克提议命名副酒石酸为外消旋酸，确定这种酸在化学成分上与酒石酸相同。由于吕萨克提出副酒石酸结构上的异构性概念，这种化合物变得重要了。毕奥和E·米切尔里希确定，酒石酸及其衍生物溶液旋光向左，而外消旋酸及其衍生物对旋光没有影响。1844年米切尔里希在一篇简报中提出，酒石酸和副酒石酸的铵钠盐在结晶形状和原子排列方面是相同的，而光学活性却相反。

巴斯德生来就很有耐性，经过长时间的仔细观察，他发现酒石酸可分为两类结晶，第一类为酒石酸和酒石酸盐的结晶，其上有细小的晶面，这些晶面只存在于半数结晶的棱和相似的角上，形成半面晶形。这类晶体的映象不能与结晶体本身重合。酒石酸盐的偏振光之所以向左，巴斯德认为与分子的内部结构有关，形态上的不对称，与分子的不对称是一致的。第二类结晶是在研究副酒石酸中发现的特殊的结晶，某些晶体的面向右，某些晶体的面向左。巴斯德将结晶面向右和结晶面向左的不分拆开。将等量的两种晶体溶液混合后，用旋光仪观察，发现溶液没有光学活性，方向相反的偏振光恰好相互抵消，也就是左旋和右旋的外消旋酸。

对于这一新发现，巴斯德兴奋得心跳手颤，几乎无法再度控制仪器。“知道了，知道了，都知道了！”他大叫着冲出研究室，一把抱住正在走廊里的物理实验的助手。被抱住的助手莫名其妙，吃惊地问：“怎么啦，巴斯德先生？知道什么了？”“发现了，我有新发现了。”“到底发现什么了？”过了好一阵，巴斯德才平静下来，“好吧，听我说。”他热情地、详细地向这位助手说明自己的发现。

巴斯德的恩师巴拉尔，对他的发现，视如自己的成就般的高兴。在科学院的图书室里，巴拉尔得意地向院士们报道了巴斯德新发现的经过和内容。

科学院的毕奥对巴斯德的发现极为关切。巴斯德将左旋结晶和右旋结晶送给毕奥检查，得到了毕奥的肯定。毕奥称巴斯德的发现“是美妙的发现！”并拉着巴斯德的手说：“我一生深爱着科学。所以，你的这一发现，使我高兴得可以听到自己的心跳。”毕奥接着又说：“这样的大发现，不能放着不管。你的研究报告，我要在科学院正式发表。”他联合巴拉尔和另外三名学者，将此一研究报告向科学院提出。

就在巴斯德准备与毕奥共同从事于新的研究时，教育部下了一道命令，派巴斯德出任迪尊中学的物理教师。因为凡是高等师范学校的毕业生，必须要在中学教一段时间的书，这是义务。

毕奥先生对教育部的决定也感到遗憾，他认为巴斯德起码也要被任命为大学的副教授，因为，此时他已获得大学教授资格，可以胜任这一职务。

1848年11月，巴斯德告别了恩师们，心怀遗憾地离开了研究工作，赴迪尊中学报到。在中学里，巴斯德热心努力地教导学生，争取做一名好的教师。

由于恩师帮助，巴斯德在不久之后被任命为斯特拉斯堡大学的副教授。

1849年1月15日，巴斯德抵达斯特拉斯堡。布桑松中学时的同学贝尔坦（早巴斯德两年考入高等师范学校，早已提任斯特拉斯堡大学物理教授）热情的接待了他，并领他参观了学校。

巴斯德到达斯特拉斯堡大学后15天时，向这所大学的校长递交了一份申请书。这份申请书的内容使校长大吃一惊。刚来不久的巴斯德申请校长批准他向校长女儿玛丽的求婚。巴斯德的父亲也特地来到斯特拉斯堡（巴斯德的母亲已于前一年的5月去世）。校长批准了巴斯德父子的求婚，并定下这年的5月29日为巴斯德和玛丽的结婚日。玛丽不仅是一位善良的妻子，也是巴斯德的得力助手。她有力地支持了巴斯德非常不善于做的那部分工作，使巴斯德能专心于自己的工作。

娶得钟爱的女子为妻的巴斯德，重又步入研究工作。

巴斯德继续从事晶体的研究。他最初发现的左旋结晶和右旋结晶是在粗酒石酸精制留下的母液中得到的。那么能不能用酒石酸来制备出外消旋酸呢？远在巴黎的恩师们也非常关心巴斯德的研究。

1853年6月的一天，巴斯德打电报告诉恩师毕奥和塞纳蒙：他用人工转换的方法，由酒石酸制备出外消旋酸。同时还得到中性的、不旋光的酒石酸。至此，巴斯德共发现34种不同的酒石酸，即右旋酒石酸、左旋酒石酸、左旋和右旋结合的外消旋酸，以及不旋的酒石酸。

对于巴斯德的这一成就，巴黎药学会马上给予奖励。该协会曾经宣布要对发明副酒石酸制造法的人颁发奖金。

法国政府授予巴斯德荣誉军团勋章，以表彰他在结晶学上所作出的贡献。

巴斯德的研究工作揭示了酒石酸的“同分异构”现象。这一科研成果对立体化学起了决定性的推动作用，并开辟了新的途径。

三、发酵之谜

1854年9月，巴斯德被任命为法国北部里尔理学院教授兼教务长。

1856年的夏天，制酒商M·比尔找到巴斯德，说他的甜菜糖发酵酒精出了毛病，糖液变酸了，请巴斯德帮他找出事故的原因。巴斯德当时并不懂得发酵，但他还是同意帮助比尔查找问题的原因。每天一有空，他就到比尔先生的工厂去。

早在20年前，卡尼亚尔·德·拉图尔在法国、泰奥多尔·施旺在德国就分别发现：通过分裂而繁殖的细胞里有一种能使酒精发酵的酵母。他们揣测：细胞在生长过程中对糖有影响。柏采雷斯假定，催化作用在有机体内终止。

当时，法国的发酵工业相当发达。为什么在甜菜汁里加进酵母，就能发酵成酒精呢？当时的化学家认为，发酵是化学变化。酵母也许是活的生物，但一经发酵，酵母就死了。发酵是死了的酵母分子的震动，引起甜菜汁分解的结果。

巴斯德在比尔先生来访前的四个月里，曾想着一个问题“发酵是什么？”所以他对比尔提出的这一研究题目非常热心。

巴斯德认为发酵应该是活的酵母引起的。他开始了酵母的实验。

巴斯德把一些酵母液过滤，在过滤液里加些糖和白灰，然后把试管放在烘炉里。

一般说，化学变化比较容易观察和证实。把一种化合物，倒入另一种化合物，很快就能看出变化。要证明发酵是活的生物引起的变化，得有耐性，因为这种变化需要时间，慢得很。巴斯德是个急性子。他一夜又一夜地不睡觉，不安地在房间里走来走去，想看看到底会有什么变化。他从烘炉里取出一根玻璃管，对着灯光摇一摇，闻一闻。他站着不动，入神地发呆。他把试管扔了，用拳头死劲地捶着桌子，自言自语地说：“一定有一种方法，我非找出来不可。”他思索着：也许是自己太性急了。

巴斯德这样不厌其烦地试验呀，试验，他做了一百多次试验。最后，酵母液发浑了，变成了灰色，他高兴极了。这说明：酵母是活的，它们在活动呢，巴斯德小心翼翼地取出一滴发浑的酵母液，放在显微镜下面一看，显微镜底下，那些小小的长圆形的小东西都能活动，它们是活的小生物。

巴斯德把从工厂里取回的变酸和未变酸的样品，分别放在显微镜下检查。他发现在没有酸的样品中，可以看到成簇的酵母菌，它们是小圆球形的。在变酸的样品中，看到的却是小得多的长圆条形的小生物。它们呈单独或不规则排列的群体。巴斯德把这种拉长了的球状物叫做乳酸酵母，也叫做酵素。现在我们知道这种拉长了的球状物叫做乳酸链球菌。

巴斯德告诉比尔，正常的酒精中只有小圆球形的小生物；而在变酸的酒精中，却有比小圆球小得多的长条形的小生物。他要比尔在甜菜中加那种大一些的、圆形的发酵小生物。要是在甜菜汁中发现了那种小一些的长条形的小生物，就不要了，趁早倒掉。不要再花气力去干那些没有收获的事。巴斯德以这种简单的观察法来判断发酵进行的好或不好，使酒精酿造失败的次数大为减少。

巴斯德的发现，促进了法国发酵工业的发展。

巴斯德把酵母菌接种到含有酵母浸出物和糖液的试管里，培养后产生典型的酒精发酵。把变酸样品的沉淀物接种到含有酵母浸出物、糖液和碳酸钙的试管里，培养后产生的产品不是酒精，而是乳酸。

巴斯德把两种发酵与两种形态上不同的生物联系起来，提出了全新的发酵理论，认为发酵的真正原因是微生物。这一观点他是在1857年的《关于乳酸的记录》一文中提出的。在这篇论文里，他用改变添加到培养基中碳酸钙量的方法，第一次证明了PH对微生物代谢的影响。这篇论文被公认为是经典著作，它不仅使人们知道了发酵的本质，还建立了导致传染病里由特定病因引起的概念。同时巴斯德在论文中提出了配制培养基的基本原理，即碳源、氮源、盐类、维生素和PH等。这篇论文为现代微生物学和微生物化学奠定了基础，使微生物学由推测、观察时期，发展到培养时期。

1857年，巴斯德调往巴黎的母校——高等师范学校，担任行政副校长兼理科主任，继续从事酒精发酵的研究。找不到适合做研究室的房子，他就把一间学校弃置的阁楼改造成研究室。巴斯德在洞穴般的研究室里进行研究工作。

在培养酵母的实验中，有一次，巴斯德在培养基中偶然没有加入酵母浸

出物，却加了酒石酸铵。接种酵母菌后，酵母菌生长繁殖了。

巴斯德对发酵液中的酒石酸铵进行测定，发现铵盐减少了，也就是被酵母菌利用了。

经过进一步的试验证明，酵母菌在没有糖和氮源的条件下能生长；在只有糖的培养基中，酵母可以发酵，但不能繁殖；在加有糖和氮源（酵母浸出物或铵盐）的培养基中，酵母菌可以发酵，也能够进行繁殖。

巴斯德在这年 12 月向法国科学院提出了论述酒精发酵的论文。巴斯德的结论是：没有活的酵母菌参与，糖绝不会进行酒精发酵。这说明了有生命的酵母菌和糖发酵的酒精之间的因果关系。

在这以后，巴斯德研究了氧气对酵母菌生长和酒精发酵的影响。在有氧时，酵母菌生长旺盛。产生 1 份酵母菌体要消耗 8—10 份的糖。在无氧时，酵母繁殖菌体的量变少，产生 1 份酵母菌体要消耗 60—80 份的糖，同时产生大量的酒精。这一工作开创了用定量方法研究微生物代谢的先例。酵母菌发酵糖除产生酒精和二氧化碳外，巴斯德还测出产有甘油、琥珀酸及测定不出来的其他产物。

由于巴斯德研究酒精发酵和乳酸发酵作出了杰出的贡献，法国科学院于 1860 年 1 月 30 日授予他实验生理学奖。

从 1861 年起巴斯德开始研究醋酸发酵和制酸了。他发表了许多将理论和工业生产相联系的论文。当时人们对醋酸发酵已有了深入研究，了解了酒精经氧化生成醋酸的化学过程。这一概念与德国制醋的方法相同。巴斯德研究醋酸发酵后发现，微生物对发酵是重要的，酒转变为醋是由醋酸酩酵母（醋酸菌）完成的。醋酸菌在发酵液表面形成菌膜，有时是平滑的，有时是有皱纹的，摸上去有油腻的感觉。醋酸菌的生长需要空气，不然就会死去，它从空气中吸取氧，把酒精氧化为醋酸。在发酵过程中，醋酸菌占优势，醋化便可成功。如果染有杂菌，醋化就会失败，在醋化完成之后，如果醋酸菌继续进行氧化，醋酸便进一步氧化为二氧化碳和水。这就给制醋业带来危害。

为了防止杂菌污染和醋酸菌的进一步氧化，巴斯德提出接种醋酸菌，发酵完成之后，用 55℃ 加热的方法抑制醋酸菌和杂菌的活动和生长。用这种方法制醋，可提高产量 3—5 倍，并大大减少了醋酸的挥发。

四、生物是自然发生的吗？

巴斯德的研究证明，甜菜汁变成酒精是酵母菌活动的结果，它变成酸是乳酸链球菌活动引起。可是，酵母菌和乳酸链球菌是怎样来的呢？巴斯德久久地思索着。为了继续探讨这一问题，他又着手进行生物自然发生说的研究。

生物自然发生说早在希腊时代就有了。这种理论认为生物只能通过自然发生才能产生，时时处处都在进行。16 世纪开始有人认为生物只能由生物而来，这种观点一度居于优势。17 世纪末发明了显微镜并发现了微生物，信仰自然发生说的人们把这一问题重新提了出来。在雨水中和暴露于空气中有机体的浸出液里，都能观察到极小的生物。对这一现象，部分科学家认为只能用自然发生说来解释。著名医生艾尔蒙甚至说：“把一些破烂的碎布和一块干牛奶酪放在一起，不消多久，就能变成一只小老鼠。”

巴斯德反对自然发生的说法。他认为，微生物也有它们自己的父母，不可能无中生有，自己长出来。要反驳艾尔蒙说的变小老鼠的戏法，还是比较

容易的，你只要眼睁睁地守着那破布和牛奶酪，它就怎么也变不出小老鼠来。可是，要反驳那种认为甜菜汁中的酵母菌是自己长出来的，却并不那么容易。因为酵母菌这种小东西，用眼睛根本看不见。要反驳“自然发生说”的确得动一番脑筋。

围绕自然发生说，意大利牧师斯巴兰扎尼和英国的尼达姆之间发生了论战。尼达姆认为，经过煮沸然后密封在煮沸容器里的肉汤，可以自然地产生微生物。而斯巴兰扎尼反对这一观点。他把肉汤在预先密封的容器煮沸，并延长了加热时间。实验证明只要加热的温度在水的沸点以上，防止加热后外界空气的进入，肉汤就能长久地保存，而不产生微生物。

1858年12月，法国科学院院士、里昂博物馆馆长普歇正式向法国科学院提出一篇《人造空气和空气中自然发生的植物和动物原生体小论》的论文，断言“生物自然发生是可能的”。他认为放在空气中的动物和植物，自己能长出微生物。

巴斯德不同意普歇的观点，认为这些微生物不是自己长出来的，而是从空气中进去后，在那里繁殖起来的。巴斯德没有公开反驳普歇，因为那时他手里的证据不足，他要用实验来证实自己的见解。

恩师毕奥知道了巴斯德的想法，就想劝阻他。毕奥说：“巴斯德先生，生物是否自然地发生，是个不可能解决的问题，你为什么想要研究这样的问题呢？”巴斯德回答道：“因为这个问题和我至今仍在研究的发酵问题有密切的关系。引起发酵的是叫酵母菌的微生物，我很想知道它是从哪里来的。如能彻底解决自然发生说这一问题，那么，我的发酵方面的研究就可以顺利进行，所以，这个研究对我是绝对必要的。”恩师担心巴斯德一旦研究下去就脱不得身，而且说不定不会有什么确实的证据，还会影响他的其他研究工作，但固执的巴斯德还是执意回答：“总得试一试看。”

巴斯德的另一位恩师塞纳蒙听说了这件事，他深信巴斯德的才能，说道：“巴斯德向来都耐心研究一些看来没法解决的问题，结果都解决了。说不定这一问题也能被他解决，何不让他去试一试呢？”

巴斯德又开始了新的研究。这时他的研究室从小阁楼转移到校门口守卫室旁边的小建筑物里面，虽然仍很简陋，但比小阁楼宽大了。巴斯德有了一名年轻的助手名叫裘尔·罗兰。他是高等师范的毕业生，是第一个进入巴斯德研究室当助手的人。

开始研究的时候，巴斯德使吸入到容器里的空气先经过塞有棉花的管子，空气中的固体微粒便被棉花吸附，棉花变为黑色。结果，溶液腐败了，长出了微生物。巴斯德将带有固体微粒的黑色棉花浸泡在易腐溶液——肉汤中，观察其是否有微生物生长。巴斯德在另一个瓶子里也装入肉汤，他把肉汤煮沸，然后把瓶口的玻璃烧红后，把瓶口封死。这种肉汤不论放置多久，总也不会腐败，长不出微生物来。

经过一年的研究，巴斯德终于得出如下的结论：空气中飘浮的东西，除了微生物的孢子，都不具有形成生命的条件。

普歇反对巴斯德的这一结论，他认为，微生物是肉汤自己长出来的；生物的生长需要自然的空气，至于煮沸肉瓶中的空气是经过加热的，而微生物的生长需要自然的空气。

巴斯德为了证明生物是不能自然发生的，接受了化学家兼药剂师巴拉的建议，改进了试验的方法。巴斯德特地设计了一种玻璃烧瓶，即“天鹅颈瓶”。

巴斯德将肉汤倒入球形瓶中，将球形瓶置于高热火焰中加热煮沸。瓶颈用火焰加热后，拉成天鹅吃食样的小管，管口向下开着，不封死，瓶内的肉汤放很长的时间也不会长微生物。原来肉汤在煮沸，空气膨胀，把瓶颈中的空气排出去了，等冷却后，空气虽然又会回到瓶中去，可是因为空气中的微生物是有重量的，（因为它们依附于尘埃之上）它就落在曲颈上，微生物没有腿，所以跑不到瓶里去，瓶中的肉汤便没有微生物生长。但若将同样处理的烧瓶摇动，使肉汤溅到弯曲细长的管壁，再流回烧瓶，培养后的肉汤就变得混浊，证明了有微生物生长，它们是由于尘埃带入的。

普歇仍然不服，他认为巴斯德说的空气中附着于尘埃之上的微生物根本不存在。巴斯德认为普歇的反驳是有道理的，怎样证明反流入瓶中的空气中一定有微生物呢？巴斯德决定继续实验。

1860年9月10日，巴斯德做了几百个圆肚烧瓶，瓶中不用烧沸的肉汤，只用消过毒的肉汤。巴斯德将烧瓶放在水中煮沸几分钟，把瓶中的空气赶出去。同时用火焰烧熔瓶颈，拉成细长的小管并封住管口。如果折断小管，外界的空气就会带着尘埃进入瓶内，再把管口封住，放在温箱中培养。

巴斯德想，如果真是空气中会自然发生微生物的话，那么，不论什么地方空气都应该是一样的。巴斯德把许多瓶肉汤分别放在空气很少流动的巴黎天文台地下室和空气流动的院子里，小心地把瓶子的颈口夹破，让空气进入瓶内，然后再用火封死。培养的结果表明：在地下室收集的10瓶，除一瓶稍有混浊外，全都透亮澄清，没有微生物生长；在院子里收集的11瓶，都变得混浊，都有微生物生长。

巴斯德还趁休假的机会，用同样的方法，在不同地区和在不同的海拔高度的地方收集空气。在汝拉高原之麓，10个瓶中有8个瓶子长了微生物。在海拔850米的汝拉山上，10个瓶中只有一个瓶子长了微生物。在海拔2000米的蒙唐威特山上，20个瓶子中仅有一个瓶子的肉汤变混浊。

根据试验的结果，巴斯德得出结论：随着海拔的升高，尘埃数量就越少，空气的流动也平稳，粘附在尘埃上的微生物也越少。因为漂浮于空气中的尘埃是侵入肉汤中生物的唯一来源，是肉汤变混浊必不可少的条件。

1860年11月，巴斯德将他的试验结论正式向科学院提出报告，他写道：“如果把总的结果互相比较，那么它们就证实：空气中包含的尘土是浸剂中生命形成的唯一基础、首要的和必要的条件。”巴斯德终于击败生物自然发生说，揭晓了“生物来自亲代的生物”的现象。

1862年12月，巴斯德当选为法国科学院院士。

1863年，他的《空气中出现的最小生物》的论文获奖。

五、葡萄酒的疾病

巴斯德现在已经是一个知名的微生物学家了。人们认为他是万能的神奇人物，碰到解决不了的问题，就跑去向他请教。

这时候，法国工业遇到一个大难题，这就是葡萄酒和啤酒变酸。

巴斯德的故乡阿尔布瓦是法国著名的葡萄酒产地，因为在酿造中的葡萄酒在桶内酸败的事情经常出现，而大受困扰。家乡的酒商们联名请求巴斯德来调查病因，他们愿为他提供研究所需要的费用。

接到家乡父老乡亲的请求，巴斯德立刻允诺，接受了这项工作，至于研究费用，他则拒绝了。

1864年暑假，巴斯德来到他的家乡，调查葡萄酒腐败的原因。

巴斯德做研究用的实验室，就是家乡小镇入口处的一家老咖啡店。巴斯德和助手们把必要的设备安排在那里。这些设备都是委托家乡的木匠、板金工匠、铁匠等制造的，既粗糙又难看。因此，村民们对巴斯德他们显出失望的神情。一位助手对巴斯德说：“老师，当我们走过去的时候，镇里人们常以瞧不起人的眼光看着我们。”

巴斯德说：“不要放在心上，巴拉尔老师常常开玩笑说‘科学家的精神是物质困难越大越发奋。’以简陋的实验设备达成完美的研究才是我们的任务。”

当时，酿造中的葡萄酒变得酸酸、粘粘或苦苦的，以致失败的事情经常发生。这种葡萄酒的病被称为异常发酵。巴斯德对异常发酵极为感兴趣。早在1863年他就开始研究了。巴斯德已经在研究甜菜汁的发酵中，知道酒精变酸是微生物捣的鬼。他想：“葡萄酒的异常发酵，很可能是由于某种微生物落入葡萄酒中，生长繁殖引起的。”

巴斯德再次用显微镜发现酒中确实有些微生物，有的是圆形，有的是长棍形。圆形的微生物是酵母菌，长棍形的微生物是乳酸酵母。巴斯德发现凡是变酸的酒差不多都有乳酸酵母，它们繁殖越多，活动得越厉害，酒就越酸；而在好酒中，就见不到乳酸酵母。根据研究巴斯德肯定地对酒商们说，酒里面的那些小小的微生物，有的能使酒变香，有的能使酒变酸。

酒商们都不敢相信，他们认为巴斯德是在说大话。于是，他们搬来一箱子酒，让他鉴别一下哪些是好酒，哪些是酸酒。巴斯德笑了，他对酒商们说：“这很简单，每一瓶酒我只要一滴酒，不用闻，也不用尝，只用显微镜一看，就能鉴别。”

对巴斯德的话，酒商们半信半疑。巴斯德把每一滴酒放在显微镜下观察，凡是只有圆球形微生物的酒，也就是只有酵母菌的酒，巴斯德就判定为好酒；凡是有长棍形微生物——乳酸酵母的酒，巴斯德就判定为是酸酒；乳酸酵母越多，他就判定酒越酸。

巴斯德的实验结果与实际情况符合，酒商们都点头称赞巴斯德高明。家乡的人对他们师徒不再持怀疑的态度了。他们请求巴斯德帮助他们解决怎么使酒不变酸。

如何制服那些使酒变酸的乳酸酵母？巴斯德想起他曾用加热的方法抑制醋酸菌和杂菌的活动和生长。在日常生活中，人们为了防止一些食物变坏，总是把它们煮沸。巴斯德也想采用这一方法试试。开始时，他把酒煮沸。在显微镜下观察，那种使酒变酸的乳酸酵母的确不活动了，但同时那种使酒变香的酵母菌也被“煮”死了，所以，煮沸的酒没有那种酒香味了。

怎样才能既可以杀死使酒变质的微生物，却又不伤害使酒变香的微生物？巴斯德经过不断试验，终于摸索出一个最为理想的温度。这个温度是50—60。

巴斯德告诉葡萄酒制造商们，制造葡萄酒时使用的酒桶和其他用具都必须洗涤干净，将酿成的葡萄酒保持于50—60的温度，经过一些时间，使酒变质的微生物就会死亡。

将葡萄酒加热以防腐败的方法——底温处理法，对发酵学有极大的贡献。巴斯德为工业微生物学奠定了基础。

巴斯德使法国的制酒工业重整旗鼓，欣欣向荣。当时，法国向英国输出

大量的葡萄酒，一旦酒质酸败，不仅酒商们有经济损失，对整个国家的财政也会造成不利影响。由于巴斯德的研究结果，葡萄酒可以顺利酿造，源源输出，为法国带来了巨大的利益。

值得一提的是，对于这项发明，巴斯德并没有申请专利，而是公开了方法，使任何人都可以采用。假如申请专利的话，巴斯德可以赚大钱，但他认为由研究获利的行为是科学家的耻辱，因为他研究酒精发酵是为了帮助有困难的人。巴斯德的信念终其一生都没能改变。后来，许多食品生产部门都应用这种方法，既能保证食品的香郁味道，又不会变质，至今在全世界各地仍广泛地应用这种防腐方法。为了纪念巴斯德提出的这种方法，人们把它叫做“巴斯德氏消毒法。”

六、与蚕病搏斗

当巴斯德研究葡萄酒，取得令人兴奋的研究结果的时候，法国又碰到了另一个大难题，这就是蚕丝业面临破产。

法国南部的蚕丝业很发达。可是，在1865年，不知道什么原因，蚕儿不断地生病，不吐丝，不作茧，浑身起棕黑色的斑点，并且成批地死亡，使养蚕业受到很大的损害。贫穷困苦的养蚕者请求政府援助。最后，人们还是纷纷推荐巴斯德来解决这个问题。因为人们认为，研究这一类问题，没有比巴斯德更有良心的科学家了。他们晓得，巴斯德只要知道有许多人陷于困境，为了救人，他必定会以不屈不挠的精神来研究的。

上议院议员、巴斯德的恩师莫马写信给巴斯德，邀请他到自己的家乡——阿莱研究蚕病。

接到恩师的委托，巴斯德感到一阵心慌与紧张。他是一位化学家，只与酒的发酵打过交道，没与动物、昆虫的疾病打过交道。他也从来没有见过蚕。但蚕病如此严重，他知道这是一件大事。他在给恩师的回信中写道：“老师说的事情，使我很烦恼。我很感激老师瞧得起我，何况研究目标又很大！可是，我很担心，因为从我生下来到今天，一次也没看过和摸过蚕。假如我和老师一样生长于养蚕的地方，而多少对蚕有些知识的话，我是决不犹豫的。”

“但是，也许我能做也说不定，假如辞谢了老师紧急的委托，我一定会后悔的，我岂能辜负了老师的关怀？一切就请老师安排吧。”

巴斯德为了拯救法国蚕丝业，勇敢地担负起了这个艰巨的任务。

他在临出发去阿莱之前，前去拜访了法国著名的昆虫学家法培尔，在法培尔那里他了解了许多蚕的知识。他还阅读了有关蚕的种种书籍。在经过相当的准备后，他才出发去阿莱。

在阿莱，巴斯德和助手们进行了广泛深入的调查。他们发现这种黑斑病见于蚕卵、蚕身及蛾身上，是好象撒散开的胡椒一样，呈现出棕黑色的小斑点。大部分病蚕是在结茧之前就死亡。

这种病到底是从哪里来的呢？如何才能使蚕避免它呢？巴斯德走访了许多养蚕户。得到的回答是：不知道这病是怎么得的，但这病蔓延得很快。养蚕人曾用过种种办法对付蚕病，但都没有收到效果。他们把硫磺和木炭粉撒在蚕身上，用胡椒和糖，用灰和煤屑……还有人把葡萄酒撒在桑叶上喂蚕等。任何方法都防不了这种小黑斑病。

巴斯德选在一个小养蚕场进行了研究工作。这一次他仍然使用显微镜帮

助他工作。

就在巴斯德到达阿莱的第九天，发生了一件意外的事，使他不得不停止了手中的实验。

巴斯德接到来自家乡阿尔布瓦的电报：“父病急。”他忧心如焚地赶回家乡时，敬爱的父亲已经逝世了。巴斯德心中非常悲痛。但他没有沉浸于悲痛之中，为父亲办理好后事，马上返回了阿莱，又开始了蚕病的研究工作。他知道许多人正为蚕病苦恼，他要尽全力为他人服务，以慰父亲在天之灵。

巴斯德把蚕放在水中，然后把它磨成纸浆一样的汁。他取一滴蚕的浆汁放在显微镜底下进行观察。巴斯德发现，在病蚕体内布满呈球状的路原体，这是一粒粒微小的棕色颗粒。由于病蚕身上呈褐色或黑色的小点，巴斯德把这种蚕病称为微粒子病。终于弄清楚了使蚕得病的病源是原生动动物。

巴斯德根据调查和研究，提出在蚕蛾交配前将公蛾和母蛾成对分开，交配后解剖蚕蛾，在显微镜下检查蛾的皮下脂肪，看不到小球状的路原体，就可以确定这对蚕是健康的，所产的卵便可孵育新蚕。可是用这种方法选育蚕子，第二年在春蚕结茧时，仍患了微粒子病。

在以后的研究中，巴斯德的助手杰内斯用病蚕未吃过的桑叶饲养健康的蚕，并结了茧，茧出了蛹，蛹变成了蚕蛾。这些蛾子也是健康的。而把病蚕的磨碎物涂抹在桑叶上，用这些桑叶饲养蚕，蚕便患了微粒子病。病蚕变态成为蛾子后，体内所有器官都布满了球状的路原体。由此得出这样的结论：这些引起蚕发病的球状物是活的，是蚕的路原体。它侵入蛾子体内的各个部位。如果对蛾子体内的所有器官都进行检查，找不到路原体的蚕蛾便是健康的，所产的卵就可以用作蚕种。

于是，巴斯德建议：凡是产完卵的蛾，都要进行检查，发现有路原体的，应当把蚕蛾、蚕卵统统烧掉。蚕农们按照这一方法去做，第二年孵出来的新蚕没有再患微粒子病。巴斯德还建议：健康的蚕不要吃病蚕玷污过的桑叶，把健康的蚕与表现出感染微粒子病的蚕群隔离饲养。

在巴斯德紧张的研究蚕病的过程中，不幸的事接连不断：父亲去世后不久，他的2岁的小女儿因病去世；1866年大女儿因患伤寒病也离开了人世。巴斯德又累又急，紧张的研究工作又放不下。这时一些持不同学术观点的人在杂志报刊上对他研究蚕病进行恶意诽谤和攻击。1868年10月19日，巴斯德患脑溢血而半身瘫痪。

医生告诉巴斯德，这种病是治不好的。可是，巴斯德顽强地与疾病斗争，坚持治疗和锻炼偏瘫的肢体。坚强的意志创造了奇迹，使他从病床上爬了起来，又回到了实验室。

12月，巴斯德拖着仍不很灵活的左手、左脚回到阿莱，继续进行他的关于蚕病的研究。巴斯德的助手们则分赴法国南部各地，进行实地试验。

前后共用了5年时间，终于解决了微粒子病给蚕丝业造成的危害。法国南部的丝绢协会正式承认巴斯德的预防方法绝对正确有效。

后来，不仅法国，其他各国均广泛用巴斯德的预防法，蚕病被完全消灭了。就这样，巴斯德挽救了法国的蚕丝业，为他的国家带来了巨大的财富。

七、对医学研究的贡献

1870年，法国与普鲁士之间爆发了战争，即普法战争。巴斯德18岁的

儿子参加了战争，巴斯德和家人回到阿尔布瓦。他很为自己的祖国忧虑，时时关心着战争的情况。

从巴黎传来的战况都是法军战败的不幸消息。遭受普鲁士蹂躏的地方，人们纷纷逃难，难民络绎于途。车上乱堆着家具，行囊，扶老携幼的人们奔波不停，到处是悲惨的画面。

巴斯德对于普鲁士军队的暴行无比愤怒，他把 1868 年波恩大学授予他的名誉教授的文凭退了回去；以示对那个国家入侵法国的抗议。

普法战争给法国人民带来了极大的灾难和痛苦，也使巴斯德中断了他心爱的科学研究工作。普法战争后的巴斯德对别人的痛苦抱有更大的同情心。他觉得自己应该从事保护人类不受伤害的研究。巴斯德是位科学家，只能从科学的角度为人类提供帮助，当时造成人类死亡率高的，除战争之外就是疾病。巴斯德希望能获有医学证书，这样就可以权威性指导对疾病病因的研究。一个偶然的机，使巴斯德的愿望实现了。

1873 年医学研究院自由院士部有一名空缺，有人提议巴斯德参加竞选。他以一票的多数当选。51 岁的巴斯德异常欣喜，具有这样的身分，今后就容易做医学的研究了。

当时的医学相当落后。普法战争中，伤员或接受手术的患者的伤口都化脓，以至于一个接一个的死亡。对此，医生手足无措，无计可施。战争接近结束的时候，一位名叫 A·盖兰的外科医生联想到化脓性的感染很可能是由于巴斯德在空气中发现的微生物所引起的。于是他仿效巴斯德的办法，在动手术时先将空气经过过滤，用石炭酸或樟脑酒精洗涤伤口，先敷上一层薄的棉花，再覆盖一层厚的棉花，然后包扎起来。这种方法于 1871 年 3—6 月，在圣路易医院治疗巴黎公社的 34 名伤员，存活者达 19 人，当时外科和妇产科的死亡率极高，取得这样的效果简直可以说是奇迹。

1874 年英国著名的外科医生 J·李斯特写信给巴斯德，信中告诉巴斯德：他认为伤口化脓感染是由于腐败性微生物进入伤口所致，经过长期的研究，终于发明了杀菌法。这一方法经 9 年使用而臻于完善。李斯特的杀菌法是：将在病房里、手术中需要使用的东西，如海绵、器具和其他任何东西，都事先用石炭酸浓溶液洗净，外科医生和助手们的手也用石炭酸水洗涤。在手术过程中，不断地用喷雾器喷射石炭酸水于伤口周围，以杀死空气中的微生物。手术后伤口要用石炭酸溶液清洗，最后，用在树脂、石蜡和石炭酸的混合液中浸过的纱布等包覆伤口。即全部手术过程都在无外来杂菌的条件下进行。这样的话，伤口就不会化脓，死亡人数大为减少。

李斯特的杀菌方法极为成功，他使外科医学跨越了一步。他认为这该归功于巴斯德的学说。为此，他写信给巴斯德，感谢他的帮助。李斯特在信中写道：“请允许我借此机会向您表示衷心感谢，您通过杰出的研究证明了腐烂因子的理论的正确性，给我提供了唯一的、使我能让防腐方法取得好结果的基础。”

法国学者们对李斯特的杀菌法持不关心态度，所以，巴斯德在医学研究院对外科医生提出忠告：“外科用的器具于使用前，必须放在火焰中烧烤，如果用显微镜检查外科使用的器具，可以看到上面有小沟和孔穴，里面积满了尘埃，无论如何小心刷洗，都没法清除，如果放在火焰中烧灼，就可以完全杀死尘埃中的微生物了。”用这种极为简单的方法，可预防伤口的感染。后来李斯特的杀菌法在法国也得以提倡推广。

普法战争中战败的法国实行了共和政体。1874年，巴斯德获得政府颁发的国民议会的国民奖；政府每年给予巴斯德12000法郎的年金，如他去世，他的妻子也可享受一半，以表彰他对养蚕业和酿酒业做出的贡献。

1876年，巴斯德被任命为法国的代表，前往直意大利的米兰出席国际养蚕会议。会议之余，巴斯德参观了米兰附近的大型养蚕场。在入口的大门上，高挂着欢迎巴斯德教授的横幅标语，表示了当地养蚕人对巴斯德的敬意。

八、拯救牛羊

回到巴黎的巴斯德，开始着手在当时成为重要问题的炭疽病的研究。

炭疽病是牛、羊、马等牲畜易患的可怕的疾病。患这种疾病的牲畜，刚刚还好好的，突然颤抖，鼻口流血而死亡，而且死亡率极高，从发病到死亡为时极短。这种病在法国和俄国都有流行。法国受害最为严重的是厄尔卢瓦尔省和夏尔特尔省一带。每年都有很多牛、羊因患这种病而死亡，年损失达2000万法郎。法国农业部长委托巴斯德研究炭疽病在羊群中爆发的原因，找出预防和治疗的方法。巴斯德觉得他有责任拯救牛、羊，于是转向炭疽病的研究。

巴斯德从病羊的血液中找到了引起炭疽病的是炭疽杆菌。对炭疽杆菌病原的研究证明：炭疽杆菌与引起败血症的弧菌不同，毒性来自炭疽杆菌的芽孢。

炭疽杆菌芽孢是怎样使牛羊发病的呢？巴斯德做了一个试验。他在饲料中加入炭疽杆菌芽孢喂羊，结果这些羊没有感染上炭疽病。他又在饲料中加带刺的植物，如蓟属植物或大麦穗，羊在吃饲料时带刺的植物可以刺破舌头或喉头，结果，这些羊感染了炭疽病死去。巴斯德找到了炭疽杆菌芽孢感染的渠道，他建议：在埋有死于炭疽病动物尸体或炭疽杆菌芽孢多的地方，必须防止羊群吃带刺的植物。

至于那些深埋在土壤中的炭疽杆菌怎么又会重返地面的呢？巴斯德一直思考这个问题，但始终找不到答案。有一天，巴斯德在圣·热尔曼农场看到一块泥土的颜色与附近其他土地的颜色不同。有一堆蚯蚓翻起来的土粒。这里的农场主告诉巴斯德，去年死于炭疽病的羊就埋在这块地里。巴斯德把从这块地里捉到的蚯蚓带回去研究，他发现蚯蚓肠道中的土粒带有炭疽杆菌的芽孢。根据观察，巴斯德提出：土中深处的炭疽杆菌芽孢，是由于蚯蚓的活动把它们翻到地表面上来的。这是使羊群感染炭疽杆菌的途径。多么可怕的掘墓人！

如何预防羊群感染炭疽病？这是巴斯德要解决的重要问题。巴斯德和他的助手用鸡汁培养基在42—43℃温度下培养炭疽杆菌。在这一温度培养，炭疽杆菌只能生长繁殖，而不能形成芽孢。培养6、8、10、12、15天后，分别测定它们的毒力。原来在常温下培养的菌液可以致死10头绵羊，培养8天后的菌液只能使4—5头绵羊致死，培养10天或12天后的菌液便不能使绵羊致死，而只是表现出轻微的症状。将减了毒的炭疽杆菌放在常温下培养，形成的芽孢再萌发成细胞后，仍是毒力很弱的炭疽杆菌。这样在一系列的减毒炭疽杆菌中，可以检验出使绵羊、牛、马只表现轻微症状的杆菌。

1880年，巴斯德宣布炭疽病人工免疫取得了重大进展。兽医H·罗西尼奥建议默隆农学会邀请巴斯德将新免疫法进行公开实验。1881年4月底，巴

斯德与农学会协商好进行公开试验，并由罗西尼奥进行安排。农学会提供了50头绵羊。按照计划，其中的25头用减毒炭疽杆菌菌液进行两次免疫接种，间隔12—15天。几天之后，免疫的和未免疫的绵羊，同时接种毒力强的炭疽杆菌菌液。

5月5日，巴斯德在普伊—福特农场进行了一个伟大的试验。大批人群——医生、兽医、药剂师、农民——参加了这次试验。巴斯德的助手鲁和尚贝朗对25头绵羊5头奶牛进行第一次免疫接种，并分别作了记号。接种后的第一天到第四天，经常测量免疫动物的体温，没有发现任何异常现象。5月17日，进行第二次免疫接种，其毒力比第一次强些。接种后，绵羊和奶牛没有发生死亡现象。5月31日，对所有实验动物接种了毒力强的菌液。6月4日，检查时发现，未进行免疫接种的绵羊耷拉着头，不愿吃草。进行过免疫接种的绵羊中，有几头体温升高，其中一头体温升到40℃，另有一头有轻度水肿，这一组试验的绵羊除一头外，食欲正常。全部试验结束时未经免疫的绵羊死了22头。有2头正在咽气，还有一头表现出典型炭疽病的症状；免疫过的一组绵羊全都健康，没有发病。罗西尼奥检验了2头死的绵羊，显微镜下看到血液中含有大量的炭疽杆菌。免疫过的奶牛没有异常表现，未免疫的奶牛表现出严重的水肿。

普伊—福特农场的公开试验引起了极大的轰动。巴斯德向法国科学院报告了试验的结果。一年之内，厄尔卢瓦地区给8万只羊注射了疫苗。与同一时期相比，羊的死亡率从9%下降到0.65%；牛的死亡率从7%下降到0.24%。1882年底，炭疽杆菌疫苗在德国开始应用。到了1894年，疫苗已免疫了340万头羊和43.8万头牛，总有效率在99%，死亡率为0.3%—1%。

九、预防鸡霍乱和猪霍乱

1878年，在巴斯德思考如何使牲畜不感染炭疽病的时候，有人请巴斯德去研究一种鸡病——鸡霍乱。患病的鸡不吃食，整天无精打采，耷拉下脑袋和翅膀，眼睛闭着，拉稀，混身出血，没两天就死了。

巴斯德对死于鸡霍乱的鸡血进行研究。他通过连续性分离血中的微生物，得到了纯的菌种。这种微生物的形状象个“8”字。这种微生物在鸡汤培养基中的繁殖能力是惊人的，与弧菌完全不同。这种微生物的毒力很大，在面包屑上滴上很小的一滴，就可以使一只鸡死去。鸡吃了带菌食物，经过肠道感染上鸡霍乱。所以鸡的肠道是这种微生物良好的培养基。病鸡的粪便成了传染的病源。现在我们知道了巴斯德发现的这种微生物是败血巴斯德杆菌。

巴斯德把引起鸡霍乱的微生物找到了，他就把它培养起来，让它繁殖；然后把它注射到正常的鸡身上，看它会不会也引起鸡霍乱；如果鸡得了病，还会在这只鸡的身体内，找到同样的微生物。

巴斯德和他的助手把病鸡的一滴血放在肉汤里。再把它放在暖箱里去培养；第二天的同一时间，取出一滴培养液，放到另一瓶新鲜培养液里，再放在暖箱中继续培养。与此同时他们每天用新鲜培养液给鸡接种，成功地诱发了鸡霍乱，观察鸡霍乱病的情况。

这年夏天，巴斯德正在紧张研究鸡霍乱的时候，接到家里的来信，信中说他的女儿已经订婚，就要结婚了。巴斯德心中十分高兴，决定回去给女儿

办婚事。他向助手鲁和尚贝朗交代了工作以后，就回家去了。

两位助手按照巴斯德吩咐，天天接种一次新培养液，给鸡注射一次，记录鸡的患病情况。有一天，两位助手决定去度假。他们把一瓶鸡霍乱的肉汤培养液放在碗柜里，锁上实验室的门就去了。过了些日子，巴斯德和助手们都回来了。尚贝朗取出碗柜里的鸡霍乱培养液给一只鸡注射了。第二天，意外的事情出现了，这只鸡竟然没有发病，仍然活蹦乱跳地活着。

两位助手商量了这件事：看来那瓶培养液过期了，我们还是到鸡场去要一只病鸡，重新培养新鲜的鸡霍乱菌吧。这件事可不能让巴斯德老师知道。他们知道巴斯德老师严格认真，一丝不苟，这件事要是让老师知道了，非吃一顿批评不可。他们决定“保密”。

他们制成了新鲜鸡霍乱菌的培养液。第二天，他们用新制的培养液，给一些鸡注射了。惊人的事情发生了。所有的鸡都象往常一样，得病死亡，只有一只例外！经过仔细核对，正是那只注射过“无效”的过期培养液的鸡。

“这是怎么回事呢？”巴斯德问助手。两位助手低下了头。尚贝朗把事情的经过如实地说了出来，请求老师处罚他们。巴斯德没说什么，低头沉思。他没有责备两位助手。突然，巴斯德跳了起来，喊道：“我明白了，那只鸡有抵抗力，所以它没有死。把这瓶培养液留下来，不能倒掉！”

巴斯德仔细地思考着过期的鸡霍乱菌为什么会使鸡有免疫力——也就是不得病，有抵抗力。他又从患有鸡霍乱的病鸡血中重新分离，培养出病原菌，并买来一批鸡做试验。鉴于上次试验的结果，他把未感染病的和新买的鸡分成四组。新鸡和老鸡两组都注射新制成的培养液，另两组分别注射保存的培养液和新制成的培养液。试验的结果是：注射过保存培养液的鸡群，抵抗住了新制的培养液中病原菌的攻击；与此相反的试验组，鸡都患病死了。

这次试验结果同假期归来后试验结果为什么不同呢？巴斯德想，除去培养液放置时间长外，也许还有别的什么原因。经过反复试验和验证，巴斯德发现，如果让培养液长期暴露在空气中，鸡霍乱菌就会失去致病的能力，其毒力减弱了。用减毒病原菌注射后的鸡，产生了对强毒病原菌抵抗的能力。

巴斯德继续研究引起病原菌毒力减弱的原因。他发现这与两次传代培养间隔时间长短有关，间隔的时间越长，减毒程度就越大。他刊登在《医学科学院学报》上第一篇探讨鸡霍乱病文章说，鸡霍乱也能以毒力减弱的状态存在，它能诱发病症，但不造成死亡，用减毒病原菌注射的动物复原后，即使使用强毒的病原菌接种，也能存活下来。巴斯德把减毒的鸡霍乱菌株称为“疫苗”，这个名词一直沿用到今天。

从这里开始，巴斯德又重新来研究炭疽杆菌。他用同样的方法，想制出炭疽杆菌的疫苗，给牛、羊、马预防炭疽病。可是他失败了。他仔细的思考着：为什么对鸡霍乱菌有效的办法对炭疽杆菌却无效呢？除去时间的长短、与空气接触不接触外，与温度是不是也有关呢？

巴斯德把培养箱的温度提高到45℃，炭疽杆菌就变成芽孢。这时候，它的抵抗力极高，在滚开的水里煮它，它还能活十分钟；如果干热烧到100℃还能活一小时；而放在干燥地方，竟能活许多年，使牛、羊得炭疽病。可是，如果把温度调整到42—43℃之间，它就不会产生芽孢，而且危害牛羊的作用也变小了，可以做为疫苗给牛、羊接种防病。他这样做了多次试验，证明能预防炭疽病。

在完成炭疽病的研究之后，巴斯德又开始研究另一种给畜牧业带来巨大

损失的牲畜疾病猪丹毒，就是猪霍乱。

巴斯德的助手 L·蒂利埃于 1882 年在维埃纳省从病猪体内分离出一种微生物。为了证明这种微生物与猪霍乱之间的关系，并寻求治疗的办法，巴斯德和他的助手于 9 月到达博莱纳，进行研究试验。

11 月，巴斯德在给法国科学院的报告中写到：猪丹毒，即猪霍乱，病原菌是一种象“8”的微生物，很容易在体外培养。这种微生物可使兔子和绵羊患病和死亡，但不能感染鸡。所以它与鸡霍乱的病原菌不同。用少量病原菌的菌液感染猪，可迅速发病和死亡。用减毒病菌能很快制成新的疫苗。

巴斯德用兔子传代猪霍乱病原菌，几代后便得到了无致病作用的疫苗。在 1886——1892 年，用这种疫苗接种了 10 万多头猪。

巴斯德抓住一件偶然的事件，认真思考，敏锐观察，周密试验，终于取得了战胜传染病的划时代成就——创立了免疫学！

1882 年，巴斯德被选为法国研究院院士，被选为研究院院士是学者的最高荣誉。

1883 年，法国内阁提议，作为国家褒奖，把 1874 年巴斯德 1.2 万法郎年薪，增加到 2.5 万法郎，还成立了一个委员会，对巴斯德的贡献作出评价。评价报告的起草人贝尔写道：“巴斯德的贡献主要是 3 项伟大的发现：第一，每种发酵都是由一种特殊微生物生命活动的结果。第二，各种传染病都是由一种特殊微生物，在生物体内生命活动的结果。第三，把一种传染病的微生物在某种不利于生长条件下培养，就可以减弱其致病力，把病原菌变成了预防疫苗。”

运用第一项发现，巴斯德为生产酒和醋制定了原则，防止了在保存过程中的次级发酵、产物的变酸或进一步氧化。第二项发现的成果是，保护了牛、羊免受炭疽杆菌的感染，使蚕免受微粒子病的传染。在这一原则的指导下，外科医生控制了化脓感染。第三项发现的成果是，用人工减毒的办法制造出鸡霍乱、炭疽病和猪霍乱的减毒疫苗。

评价报告中表示希望不久的将来，狂犬病也将得到征服。

十、战胜狂犬病

巴斯德从小就对狂犬病的印象十分深刻，他永远也忘不了小时候在阿尔布瓦街上所听到被疯狗咬伤的病人，当被烧红的烙铁烧烙伤口时发出凄惨的叫喊声。这促使他对当时流行的狂犬病进行了研究。

狂犬病是由狂犬咬伤而传染。人被疯狗咬伤以后，经过一段时间，就发病了。病人先是发烧头痛；然后怕风，尤其怕强的光线或者大的声音；病人对水非常恐惧，随后四肢抽搐，头部和背部向后仰，牙关紧闭，抽风不止，十分痛苦。最后，病人总是死亡。狂犬病对人，对狗都是可怕的疾病。

巴斯德决定研究狂犬病的时候，他已经是 60 多岁的老人了，头发斑白，行动不便。他的朋友们为他担忧，一位朋友说：“巴斯德不知道科学的界限，科学能解决的问题毕竟是有限的，我怕他徒劳无功。”但也有有人认为：“就巴斯德以往的辉煌成就来看，他或许也能防止狂犬病。”忧虑与希望并存。巴斯德知道自己选择了一道艰难的课题，但他具有炽热的研究热情和坚强的信念，他决定继续他的研究。

按照惯例，研究传染病，首先要找到致病的微生物，为了找到这种微生物，巴斯德甚至冒着生命危险，从狂犬的口中取出唾液，来进行试验。

1880年12月，一个五岁的小孩一个月前被疯狗咬伤，痛苦地死在医院里。巴斯德收集了小孩的唾液，将它与水混合接种兔子，不到36小时，兔子就死了。把兔子的唾液再接种另一只兔子，这只兔也很快地死了。用显微镜检查死兔的血液，发现了一种微生物，用牛肉汁培养这种微生物，将菌液再次注射兔子和狗，毒力再度表现出来。检查这些动物的血液，看到了与培养物相同的微生物。

狂犬病的潜伏期通常是很长的。而从唾液中分离的病原菌致死作用很快。这引起了巴斯德对这种病原菌的怀疑，他猜想可能有一种微生物与狂犬病毒同时存在于唾液中，随着观察的病例越多，对这一假设就确信无疑了。

狂犬病的病原菌能侵入人和狗的脑部和脊髓。所以巴斯德用尽过去的各种方法培养病原微生物，分离不到病原菌。经过试验、研究，巴斯德肯定狂犬病是致病因子引起的，特别是在脑和脊髓中发病是这样的。如果用动物的脑作为培养基，也许会得到病原菌。

巴斯德的助手鲁设计了一种方法。将狗麻醉后，用环锯术打开狗的脑壳，接种一点疯狗的脑汁。经过两个星期，狗表现出狂犬病的症状并死去。这种方法被证明比用唾液接种更为准确。用脑接种法接种兔子和豚鼠，也都表现出狂犬病的症状。经过反复试验，巴斯德弄清了发病部位和病原的主要线索。试验表明，狂犬病的病原微生物很小，它的离体培养不同于一般病原微生物。后来科技进一步发展，知道狂犬病的病原是病毒。

巴斯德用环锯术接种兔子，兔子瘫痪了。用瘫痪兔子的脑接种狗的脑部，狗虽然表现出轻度的症状，但不久又复原了。几个星期后，用毒力强的脑再次接种这些狗。如此反复多次在200多次试验中，发现有几只狗没有发病。于是，巴斯德便开始研究狂犬病病原的减毒试验。

像以前用兔子连续传代接种，以得到减毒的疫苗一样，得到23只狗能抵抗狂犬病病原的攻击。可是，这种疫苗如何用于人身上仍然有待于解决。巴斯德和他的助手，用狗脑接种猴子，从猴子再接种猴子。经过连续接种，得到了一系列毒力不同的病原菌。后来用兔子和豚鼠做的试验，也可以得到同样的结果。可是，用这种疫苗免疫狗的效果还不够好。

巴斯德和助手用0—12℃的低温进行减毒试验。他的助手鲁提出用干燥空气进行减毒的新方法。把严重感染的兔子的脊髓用线吊在消过毒的瓶子里，瓶底放一些氢氧化钾吸收空气中的水分，瓶口塞上棉花以防空气中的尘埃，试验瓶子放在25℃房子里。随着放置时间的延长，脊髓便逐渐干燥，毒力也逐渐减弱。到了第14天，毒力便完全消失。巴斯德和助手把无毒的脊髓磨碎，加入无菌水，给50只狗做皮下接种，第二天用干燥13天的脊髓接种，以后逐渐提高毒力，最后用当天病死兔子的脊髓接种。一个月后，试验的50只狗都生活得很正常。另用未经免疫的狗直接接种强毒力的脊髓，狗都患病死去。

成功了！巴斯德制成了狂犬疫苗。

这种疫苗能用来治疗人的狂犬病吗？巴斯德没有把握。

1885年7月6日，一名来自阿尔萨斯省的孩子约瑟夫·美斯特，被疯狗咬了14处伤口，已经两天了，孩子的母亲把9岁的孩子带来找巴斯德，要求他救救她的孩子。

能否救活这个孩子？巴斯德没有把握。在征求医生和生理专家的意见后，巴斯德接受了治疗的要求，决定用干燥减毒的“疫苗”（脊髓制成的液

体)进行治疗。他先给美斯特注射保存 14 天的疫苗,随后一天一次。第一次注射之后一周,巴斯德在日记中写道:“一切正常,这个孩子睡眠好,胃口好,疫苗一天比一天能吸收,而没有一点后遗症。”7月16日,巴斯德给小美斯特施行最后一次注射。这一次要用毒性最强的狂犬疫苗。

这一夜,巴斯德根本没睡。这是他一生中最为犹豫难过的一夜。有免疫力的小美斯特到底耐得住这种病毒吗?美斯特会得救吗?会不会死去?

第二天,当巴斯德见到小美斯特仍然健康如常,欢蹦跳跃的跑来找他时,他满脸泪水,紧紧地抱着小美斯特亲吻,激动地说:“孩子,你的病治好了!”

经过一个月的观察,美斯特一直没有出现狂犬病的症状。少年从巴斯德的研究室出来,安然无事的回阿尔萨斯去了。

1885年10月26日,巴斯德宣布,一个星期之前他又治愈了一个叫朱皮利的放羊孩子的狂犬病。

自此以后,被疯狗咬伤的病人从各地来到巴黎治疗。有的来自俄国,有的来自美国。巴斯德精心地为他们治疗。1885年11月起,到1886年2月底止,巴斯德治疗350人,只有一名少女是被疯狗咬伤37天后已经发病才接受治疗,结果不治死亡。

巴斯德在1886年向法国科学院报告了治疗狂犬病的效果,并建议在巴黎建立一个专门的研究狂犬病的免疫机构。巴斯德希望这个机构不求国家援助,采用募捐方式。科学院采纳了他的建议,成立了委员会。委员会着手募款,这个研究机构除了治疗狂犬病以外,同时作为传染病的研究中心,并决定命名为“巴斯德研究所”,巴斯德任所长。

募捐活动在法国国内和国外同时进行。俄国沙皇为了感谢巴斯德治愈了俄国的狂犬病人,委派他的弟弟拉迪米尔大公送给巴斯德一枚俄国圣安娜十字勋章,捐赠10万法郎给巴斯德研究所。巴西皇帝和土耳其国王也捐了款。共收到捐款258万多法郎。法国国会又拨款20万法郎作为建立该研究所的基金。巴斯德全部工程费用为156万多法郎,剩余的100多万法郎赠给巴斯德研究所。巴斯德和他的助手鲁、尚贝朗同意把出售狂犬病疫苗的权利献给研究所。

1888年,众之所望的巴斯德研究所竣工了,11月14日在新落成的研究所图书馆举行了落成典礼。法国总统、政界领袖、政治家、科学家、巴斯德的友人和学生们都来参加。典礼上详尽报道了巴斯德的伟大贡献和成就。友人格兰谢博士讲述巴斯德辉煌功绩时说道:“正如各位所知道的,巴斯德先生是科学界的革命家,他那创造性的想象力,由严密观察所得的事实,证明其正确无误。就这样,巴斯德先生击倒了许多错误的理论和知识,代之以他所建立的新的科学。关于酵母以及传染病因的微生物的发现和预防接种的发明,对于化学、兽医学以及人类医学是一种根本的革命。”

巴斯德由于在1887年10月23日再次脑溢血发作,舌头麻痹,由任职外交官的儿子代为朗读演说词。巴斯德在答谢辞中说:“如果说科学没有国界,那么科学家却应该有祖国,如果你的工作在世界上产生了影响,应该把这种影响归功于祖国。”

十一、七十寿辰

1892年12月27日,巴斯德70岁。

5月时，丹麦、瑞典和挪威成立了委员会，筹备庆祝他的七十寿辰。11月，法国科学院内科和外科学部组成募捐委员会，以示对巴斯德的敬意。

12月27日，法国政府为巴斯德举行了盛大的生日庆祝会。会场上坐满了学院院士、大学教授、政府官员等各界名人以及各国的代表，还有巴斯德的助手和学生。

上午10时半，在乐队奏乐声中，巴斯德在法国总统卡尔诺搀扶下进入会场。总统引导巴斯德到台上正中央坐下，接受法国各界以及外国代表的祝贺。

科学院长赠送的纪念品是表面雕刻巴斯德侧脸的金牌，背面铭刻：“奉呈巴斯德：恭贺七十寿诞，满怀感谢的法国以及全体人类敬赠。”

最先实行杀菌法的李斯特代表英国出席庆祝会，他在祝贺词中说：“你为世人揭开了传染病的黑幕！”

李斯特说完，巴斯德站起来，和这位因科学而结识的异国朋友互相拥抱。

巴斯德感动得颤抖着，心想：“能受到如此隆重盛大的生日庆典的学者，恐怕不多吧！伟大的科学家中，不能目睹自己的胜利而寂寞地死去不乏其人，与那些人相比，能亲见自己的胜利的我，是何等幸福啊！”

一生朝气蓬勃、声音洪亮的巴斯德，这时因半身麻痹症加剧，说话小得像蚊子叫了。他的答辞是由儿子说的，他在答辞中说：“首先要扪心自问，我在学习上作了些什么？随着日益长进，自问我为祖国做了些什么？终有那一天，当你想到自己在某些方面为人类进步、为人类福利作出了贡献，你们会感到无比幸福。”

在巴斯德的教导下，他的学生也积极从事解除人类痛苦的研究。鲁对危害儿童的白喉进行了研究。鲁发现白喉是由一种作用很强的有毒物质引起的，是在微生物生长发育时产生的。鲁从免疫的马血中得到抗白喉毒素，使白喉病人的死亡率由以前的51%，降为24%。在中国香港发生鼠疫时，巴斯德的学生耶尔森到那里研究鼠疫。耶尔森发现了鼠疫杆菌。根据试验，耶尔森得出结论，鼠疫是一种传染病，主要传染媒介是老鼠。

1895年6月13日，巴斯德去威尔涅甫休养，希望在那里能恢复自己的健康。这个夏天，他坚持读书，坚持和助手讨论防治白喉。可是，他的麻痹症不断加重，说话也一天比一天困难了。

9月27日，家人弯下身请他喝牛奶的时候，他以虚弱无力的声音说：“什么都不要……”他的眼神显露出告别的表情。他的头沉入软枕中，身体完全麻痹，两眼紧闭动都不动。

第二天凌晨4时40分，巴斯德与世长辞，终年73岁。

法国政府以隆重的国葬仪式来送别这位伟大的科学家。

巴斯德是位伟大的科学家。他多次接受政府的委托，研究他所不懂的课题，为发展法国的养蚕业、制酒业和畜牧业做出了重大贡献。英国生理学家赫胥黎在英国皇家学会上说：“单是巴斯德作出的发现，就足以抵偿法国于1870年付给德国50亿马克的战争赔款。巴斯德为科学、为祖国、为人类辛勤工作了一生。”

