作者：场均

链接：https://www.zhihu.com/question/28040396/answer/157951008

来源：知乎

著作权归作者所有。商业转载请联系作者获得授权，非商业转载请注明出处。

作者：场均  
链接：https://www.zhihu.com/question/28040396/answer/157951008  
来源：知乎  
著作权归作者所有。商业转载请联系作者获得授权，非商业转载请注明出处。

设想你暂时只知道磁场是由磁铁产生，也知道牛顿力学，但尚不知道怎么物理上定义“磁场”。 有一天，你用电流做实验。你惊讶的发现：通了电的导线能使它附近的小磁针扭转，从而得出了“电流也产生磁场”的结论。 进一步，你通过力学（如平行电流线，扭转力矩等）的测量，你发现1.长直导线外，到导线距离相等的点，磁针感受到的“磁场”强度相同2.距离不同的点，“磁场”强度随着距离成反比。这样，你便想要通过力学测量和电流强度定义一个物理量H，2\*pi\*r\*H=I。对形状稍稍推广，你就得到了安培环路定理的一般积分形式。 注意这时候不需要用到真空磁导率μ0，因为你只要知道电流I就足以定义H这个物理量，没有理由知道μ0这回事儿。 现在，你有了H，有了“电流能够产生磁场”这个概念，有了安培环路定理。

你心满意足，转移了研究兴趣，开始研究带电粒子的受力。 对于一定速度的粒子，加上刚才的磁场，通过几何轨道，牛顿力学，你可以测出粒子受的力。你发现受的力和电荷数q以及速度成正比，也和H成正比，但是力F并不直接等于qvH，而是还差一个因子：F=A\*q\*vⅹH，A只是个待定因子，暂未赋予物理意义。 这个公式多了个外加因子，不好看。现在你开始考虑构建“磁导率”这个概念，因为H只是电流外加给的磁场，你希望通过粒子受力，直接定义一个粒子感受到的磁场——叫它B，使得F= qvⅹB成立。现在你理解的磁导率，就是一个粒子对外界磁场的受力响应程度：磁导率大，那么同样大的外加磁场H使得粒子受力的响应（如偏转）也越大；磁导率如果为零，那么多大的磁场也不会使得粒子有偏转等力学反应，磁导率如果近乎无限大，你只要加一丁点外磁场H，粒子就已经偏转的不亦乐乎了。 你开始管这个磁导率叫μ，并且定义μ=B/H。其中H是（通过电流）外来的，B是使得粒子偏转的响应。这样，磁导率=粒子的响应/外加的场。这个式子有着深刻背景，正是理论物理里线性响应理论的雏形。此外，你发现，粒子处于真空中的时候，这个μ是一个与任何你能想到的物理量都无关的常数，这正是真空磁导率。 目前你已经很有成就了：你通过得到了一个外磁场H，并在真空环境下，把这个磁场作用于带q电荷的粒子，你测量粒子受力F= qvⅹB，并且把测量力F和速度v得到的B值与测量电流I得到的H值相除，你便得到了真空磁导率。 现在你已经知道了，H与B单位的不同，仅仅是由于你最开始研究力学用的单位，和开始研究电荷、电流的单位的不同，导致的一种单位换算。H从I得来，B从F得来，所以看到的是“施H”与“受B”的关系。（实际过程还要复杂些，因为先研究的是电场的情形，然后导出了磁场下的情况，所以你看到的μ0是个漂亮的严格值，而真空介电常数作为另一种线性响应确是一个长长的实验数字）。 既然知道了B与H单位不同只是由于电流和牛顿力学导致的，现在你为了简化，将二者单位化为相同单位：B=H；这样你就得到了电磁学里更常用的高斯单位制。如果需要换算，随时添加磁导率即可。

你开始进一步研究了。你已经研究了电流产生磁场的效应，以及单个粒子在磁场中的运动。那么，有着大量粒子的各种材料介质，从铁块，到石墨，到玻璃，它们对于磁场的相应是如何呢？ 现在你通过电流I，把磁场H加到某种材料当中，你所要研究的粒子，不再活在真空，而在材料里活动，它可以是金属里本身自带的电子，也可以是通过外界射束打入的。这都无妨，只需记住现在你要研究的粒子不再在真空，而在介质里。一个粒子受到的力学上的响应，当然是与这个点的总磁场有关。因此，B的意义就变得丰富了，它代表在该点处的总磁场。为什么说“总”磁场呢？考虑空间里的一点，没有材料的时候磁场值为H。现在有了材料，这一点处于材料中，外加场H穿进材料后，材料受H影响产生了一些附加场，在该点处的磁场不再是H了。受外界磁场影响使得材料里也有内部额外磁场的过程，我们叫它“磁化”。我们希望一件事物更加具体，就说把它具体化，希望一个企业有规模，就说把它规模化，同样希望一块材料里面有更多额外磁场，就说把它“磁化”。

我们管产生的额外磁场大小叫做M。与磁导率一样，为了研究这个额外的磁场M与外加场H的关系，我们定义磁化率χ=M/H. 磁化率大，说明同样大的外磁场，能产生更多的内在额外磁场；磁化率为很小，说即使外加磁场很大，里面的材料也“懒得理它”，只有微弱的响应。这里要注意两点。这是你不难发现，磁化率也是线性响应的过程。所谓线性响应，好比我们有五块钱，就能从售货机里买一罐可乐，我们有十块，根据线性响应，就能买两罐，15块买三罐；如果买得多给打折，20块给五罐，那么输入（钱）和输出（可乐瓶数）就不符合线性响应了。磁场情形也一样，太强的外加场H（输入），感生场M作为输出，就不符合现行响应了。此外还要注意一点，磁化率可正可负。所谓正磁化率χ>0，就是说产生的内部磁场M方向与外加磁场H相同；负磁化率χ<0，就是材料内部由于H产生的额外磁场M和外场H方向相反。 进一步，χ>0但是数值不太大的，你命名他为顺磁介质，它顺从的跟着磁场方向嘛；χ>0数值比较大的，就是铁磁介质，由于其他机制（超过深度不加以介绍），外加的磁场产生了很大的内磁场，比用用电流制造永磁铁的过程；χ<0，就是H给材料产生的外加磁场M与H方向相反，所以就是反磁介质，或叫抗磁介质；如果是第一类超导体，它所谓的完全抗磁性，就是这个意思：外加场H，总有感生的内场M，把外场抵消，使得超导体内部磁场为零。物理上看，好像磁场穿不进来一样。 这样，总场B在某点的值，应该是该处的外场值H，与H的感生下产生的额外场M在该点的值的和。写成B(r)=H(r)+M(r)， r表示空间处注意这是对任何一点都成立；实际上，如果使用高斯单位制，由于需要考虑了麦克斯韦方程电和磁的对称性，以及球面的立体角，正确的式子是B(r)=H(r)+4πM(r)。如果要换成SI单位制，则是B=μ0[H(r)+M(r)]. 这个式子的正确解释是：总磁场等于外加磁场和感生的磁场（就叫它磁化）的矢量和。既然B表示总场，已经考虑了感应产生的磁化M，就叫做B为磁感应强度；H来源于外场，就叫它磁场强度；M是H磁化感生的，就叫它磁化强度。注意这个式子是普遍的。在线性响应的额外前提下，我们有M=χH成立。

这样， H 表示电流产生的外场， B 表示总场。它们都有物理意义。物理学家之所以争吵哪个 物理量更加基本，也在于此。因为电流和电荷受力，分别产生了 H 和 B ，那么谁更加基本 的确是个问题。 后来电流的微观机制发现， 原来电流本质也是电子受力产生的漂移 （注意这 里是受电场力） 。因此受力图像里的 B 就比电流得来的 H 更加基本了。有些人说 H 没有意 义，试想，物理学家怎么会定义没有物理意义的物理量呢？