（2025辽宁高考物理14题）

如图（a），固定在光滑绝缘水平面上的单匝正方形导体框abcd，置于始终竖直向下的匀强磁场中，ab边与磁场边界平行，ab边中点位于磁场边界。导体框的质量$m=1$kg，电阻$R=0.5$Ω，边长$L=1$m。磁感应强度$B$随时间连续变化，如图（b）所示。导体框中的感应电流$I$与时间$t$关系图像如图（c）所示，其中0～1s内的图像未画出，规定顺时针为电流正方向。

1. 求$t=0.5$s时ab边受到的安培力$F$大小。（2）在图（b）画出1~2s内$B−t$图像。（3）从$t=2$s开始，磁场不再随时间变化。之后导体框解除固定，给导体一个向右的初速度$v\_{0}=1$m/s，求ad边离开磁场时的速度$v\_{1}$大小。



解：（1）求安培力，要知道电流和磁场。由图（b），在$t=1$s时，$B=B\_{0}+t×^{∆B}/\_{∆t}$。

$^{∆B}/\_{∆t}=\frac{0.1−0.2}{1.0−0}=−0.1$T/s，0.5s时的磁感应强度$B=0.2−0.5×0.1=0.15$T。

按法拉第定律，感应电动势$E=−\frac{s×∆B}{∆t}=0.5L^{2}×0.1=0.05$V，感应电流$I=E/R=0.1$A。由于磁场在减小，导体框要产生一个磁场弥补这个减小趋势，按照右手螺旋定则，这个电流是顺时针方向的。

安培力$F=ILB=0.1×1×0.15=0.015$N。

1. 由图（c），1.0s~2.0s期间电流是负的，$I=−2$A。按题意，这个电流是逆时针方向的（上面磁场减小得到正电流，这里得到负电流，所以磁场增加）。所以$\frac{∆B}{∆t}$=0.2T/s。据此画出下图的绿线。（磁场不能突变，只能在原先的基础上增加，即从1.0s的0.1T增加。）



1. 这是一个变加速运动问题。ad边速度为$v\_{t}$时的感应电动势$E=BLv\_{t}$，电流$I=E/R$，安培力$F=ILB=B^{2}L^{2}v\_{t}/R$。由于$v\_{t}$随时间变化，可以划分微小的时间段$∆t\_{i}$，对应的速度为$v\_{ti}$，把各微小时间段的位移累加，得总位移$∆x=\sum\_{i}^{}v\_{ti}∆t\_{i}=0.5L$。于是安培力的冲量是：$P=F∆t=0.5B^{2}L^{3}/R$。由于速度向右，导体框将抗拒这种运动（物体有保持其原有状态的本性，这一点请和电磁感应定律、惯性定律等基本物理规律结合理解），所以安培力是向左的，由此产生的冲量也是向左的。所以根据动量定理，冲量是动量的变化量，$−P=nv\_{1}−mv\_{0}$，解得$v\_{1}=0.01$m/s。

讨论

1. 法拉第电磁感应定律：$E=−\frac{∆φ}{∆t}=−\frac{∆(Bs)}{∆t}≈−B\frac{∆s}{∆t}−s\frac{∆B}{∆t}$，这里的面积$s$是垂直于磁场$B$的。感应电动势由两部分组成：动生电动势$−B\frac{∆s}{∆t}$和感生电动势$−s\frac{∆B}{∆t}$。,
2. 在磁场中的闭合导体，总有抗拒改变的性质。比如外部让导体运动，它要抗拒运动；外部增加（减少）磁场，它要减少（增加）磁场。正文中的画线句子体现了这种抗拒性。按这种思维判断安培力或者感应电动势的方向更方便。