《一题多问》的优势

一题多问，纵向复习

区别于一轮的专题式复习方式，《一题多问》中的**每道题都设置了很多小问，覆盖了很多公式、模型和考点，**让同学们能够**在一道题中，纵向对比和记忆不同公式、不同模型。**这样的复习和记忆方式更加深刻、更加高效，真正做到一举多得！

题量适中，有始有终

市面上的复习教材动辄三、四百页，物理老师都难以完成，学生看到更是手发抖、腿发软、心发凉，还没有开始就已经放弃。**《一题多问》只有 36 道题、42 页，每天搞定一道题，一个多月就可以完成。**

内容基础，步步为营

高考试卷 80%是基础题，需要的不是智商和悟性，而是夯实基础、牢记公式和模型！**《一题多问》的 36 道题都是基础题、高频题，而且各小问从易到难依次排列，容易上手。**

今年的《一题多问》已经是第 3 版了，我们精益求精、不断改进，而且拍摄了完整详细的讲解视频，强老师和赵老师坚信能够帮到更多考生！祝大家高考六六大顺！

奔跑物理 2025 年 2 月

目 录

1、水平面上的动力学（以及功、动能、冲量、动量等）.....1
2、水平面上的动力学（以及运动学图像、电场力、机械能等）.....2
3、牛顿第二定律与非匀变速直线运动（以及运动学图像、能量守恒等）.....3
4、竖直方向上的动力学（以及运动学图像、电场力、机械能等）.....4
5、受力平衡（静态平衡、动态平衡、安培力等）.....5
6、竖直方向上的动力学（以及动能定理、功率、动量定理等）.....7
7、倾斜传送带（以及运动学图像、功、机械能、冲量等）.....8
8、分离问题（牛顿第二定律、匀变速直线运动、机械能等）.....9
9、水平传送带、碰撞、竖直面内的圆周运动（以及功、功率、冲量等）.....10
10、万有引力与航天.....11
11、板块模型（无拉力）（以及运动学图像等）.....12
12、板块模型（有拉力）（以及运动学图像、功、摩擦生热等）.....13
13、电场和重力场的叠加（以及动能定理、功、电势能、电势差等）.....14
14、平抛运动、动能定理、竖直面内圆周运动（以及功率、摩擦生热等）.....15
15、转盘模型（牛顿第二定律、圆周运动等）.....16
16、动量守恒定律（板块模型、水平方向动量守恒）.....17
17、碰撞、板块模型（以及动能定理、运动学图像等）.....18
18、简谐运动和机械波.....19
19、光、光电效应、氢原子模型、原子核.....20
20、气体实验定律（活塞—汽缸问题）.....22
21、气体实验定律（水银柱—玻璃管问题）.....24
22、电场强度、电势、电场力做功、电势能等.....26
23、粒子在电场中的轨迹问题.....27
24、电场中的图像（电势—位置图像、电场强度—位置图像）.....28
25、粒子在电场中的加速和偏转、粒子在磁场中的圆周运动.....30
26、电路（电源的功率和效率、动态电路、含容电路等）.....32
27、粒子在磁场中的圆周运动（平行边界）.....33
28、粒子先在电场中偏转、后在磁场中圆周运动.....34
29、三场叠加（以及竖直面内圆周运动、平抛运动等）.....35
30、粒子在磁场中的圆周运动（三角形边界）.....36

31、感生电动势（以及楞次定律、安培力、电阻定律等）.....37
32、感生电动势、导体棒切割模型（单棒切割）（以及电路、冲量等）.....38
33、导体棒切割模型（单棒切割）（以及机械能、摩擦生热等）.....39
34、导体棒切割模型（单棒切割、双棒切割、机车启动等）.....40
35、导体棒切割模型（转动切割）（以及电路、电容器等）.....41
36、正弦式交流电和变压器.....42

1、水平面上的动力学（以及功、动能、冲量、动量等）

质量为 m = 1500 kg 的汽车在水平路面上自西向东做刹车运动，位移随时间变化的关系式为：$x = 8t - t^2$。重力加速度 g = 10 m/s^2。求：

（1）汽车初速度的大小和刹车的加速度；

（2）刹车时间和刹车线长度；

（3）刹车过程中，前 6 秒内的位移大小；

（4）刹车过程中，第 1 秒内的位移大小和最后 1 秒内的位移大小；

（5）刹车过程中，第 2 秒内的位移大小和平均速度大小；

（6）刹车过程中，汽车与地面间的动摩擦因数；

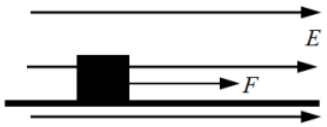
（7）刹车过程中，摩擦力做的功和由于摩擦而产生的热量；

（8）刹车过程中，重力的冲量，支持力的冲量，摩擦力的冲量，合力的冲量；

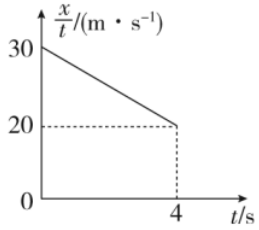
（9）刹车过程中，汽车的动量变化量。

2、水平面上的动力学（以及运动学图像、电场力、机械能等）

如图甲所示，滑块质量为 1 kg，带电量为 0.02 C，与水平面间的动摩擦因数为 0.2，处在水平向右的匀强电场中。已知滑块在水平向右的恒力 F（$F=7\,\mathrm{N}$）作用下以初速度 v_0 开始向右运动，0 - 4 s 内滑块的 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图乙所示，求：



甲



乙

（1）滑块初速度 v_0 大小和加速度 a；

（2）滑块速度减到零需要的时间及前 4 s 内通过的路程；

（3）滑块在第 3 s 内和第 5 s 内通过的位移之比和位移之差；

（4）滑块带正电还是负电；

（5）匀强电场场强 E 的大小；

（6）0 - 3 s 内，电场力对滑块做的功和电势能的改变量；

（7）0 - 3 s 内，滑块机械能的改变量；

（8）4 - 8 s 内，滑块通过的位移及路程；

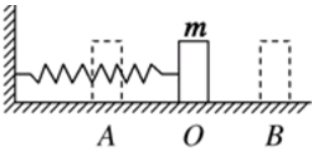
（9）4 - 8 s 内，由于摩擦而产生的热量；

（10）4 - 8 s 内，电场力对滑块做的功和电势能的改变量；

（11）4 - 8 s 内，合外力产生的冲量。

3、牛顿第二定律与非匀变速直线运动（以及运动学图像、能量守恒等）

如图所示，弹簧左端固定，右端自由伸长到 O 点并系住质量为 m 的物块。现将弹簧压缩到 A 点，由静止释放，物块向右最远运动到 B 点。已知 AO 的距离为 x_0，弹簧的劲度系数为 k，物块在 A 点时弹簧的弹性势能为 E_p，物块与水平面间的动摩擦因数为 μ，重力加速度为 g。在物块从 A 点运动到 B 点的过程中，求：



（1）物块在 A 点的加速度大小；

（2）加速度如何变化；

（3）描述运动形式，并定性画出物块的 $v-t$ 图像；

（4）物块速度最大时，距 A 点的距离；

（5）物块在 O 点的速度大小；

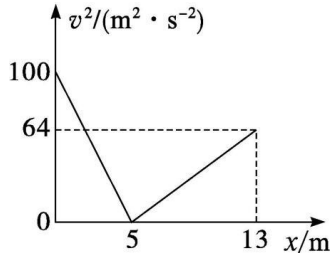
（6）从 A 到 B 的过程中，物块和弹簧组成的系统的机械能如何变化，以及物块的机械能如何变化；

（7）如果忽略摩擦，物块向右最远运动到 P 点，P 点在 B 点哪一侧？在何处速度最大？

（8）如果忽略摩擦，从 A 到 P 的过程中，物块和弹簧组成的系统的机械能如何变化，以及物块的机械能如何变化。

4、竖直方向上的动力学（以及运动学图像、电场力、机械能等）

物块的质量 $m = 1\ \text{kg}$，带电量 $q = 0.01\ \text{C}$（$q > 0$），处于竖直向上的匀强电场中。物块以初速度 $v_0 = 10\ \text{m/s}$ 开始竖直向上运动，该过程中物块速度平方 v^2 随路程 x 变化的图像如图所示，物块在运动过程中受到与运动方向相反且大小恒定的阻力，$g = 10\ \text{m/s}^2$，求：



（1）物块向上运动的加速度大小和时间；

（2）0 - 2 s 内物块运动的位移和平均速度；

（3）物块从最初位置运动到距最初位置距离 3.75 m 所用的时间；

（4）物块运动过程中阻力的大小；

（5）0 - 2 s 内阻力功率的最大值；

（6）匀强电场场强的大小；

（7）0 - 2 s 内电场力和阻力分别产生的冲量；

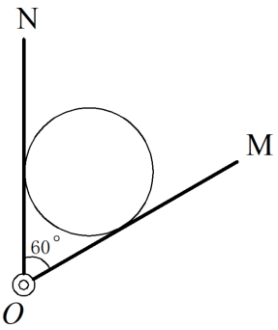
（8）0 - 2 s 内物块动量的变化量和动能的变化量；

（9）0 - 2 s 内电势能的变化量；

（10）0 - 2 s 内机械能的变化量。

5、受力平衡（静态平衡、动态平衡、安培力等）

（i）如图，挡板 M、N 可绕同一转轴 O 转动，挡板 N 竖直，两挡板夹角 60°，中间静止一球，质量为 m。不计一切摩擦，重力加速度为 g。求：



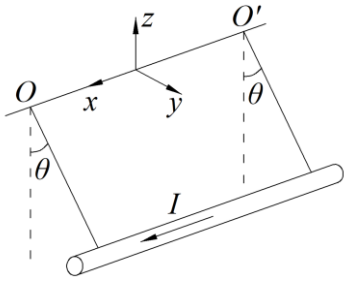
（1）挡板 M、N 对球的弹力大小分别是多少；

（2）若保持挡板 N 位置不变，顺时针缓慢转动挡板 M 至水平的过程中，两个弹力大小如何变化；

（3）若保持挡板 M 位置不变，逆时针缓慢转动挡板 N 至水平的过程中，两个弹力大小如何变化，并求挡板 N 对小球弹力的最小值；

（4）若保持两挡板夹角 60°不变，两挡板同时逆时针缓慢旋转至挡板 N 水平的过程中，两个弹力大小如何变化。

（ii）如图，质量为 m、长为 L 的直导线用两绝缘细线悬挂于 O、O'，并处于匀强磁场中。当导线中通以沿 x 正方向的电流 I，且导线保持静止时，悬线与竖直方向夹角 $\theta = 30°$，重力加速度为 g。求：



（1）若磁感应强度沿 z 轴负方向，求磁感应强度大小；

（2）若磁感应强度沿 y 轴正方向，求磁感应强度大小；

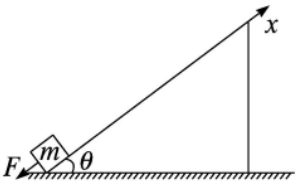
（3）若磁感应强度始终沿 z 轴负方向，缓慢增大电流，细线拉力大小如何变化；

（4）若磁感应强度始终沿 z 轴负方向，电流增大为之前的 3 倍，悬线与竖直方向夹角 θ 变成多少；

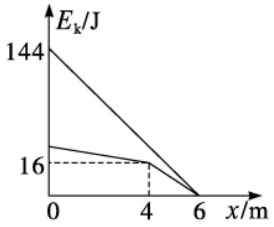
（5）为使导线保持静止，磁感应强度指向哪个方向时，磁感应强度最小，最小值是多少。

6、竖直方向上的动力学（以及动能定理、功率、动量定理等）

如图甲所示，质量 $m = 2$ kg 的物块在平行斜面向下的恒力 F 作用下，从固定粗糙斜面底端开始以 $v_0 = 12$ m/s 的初速度向上运动，力 F 作用一段时间后撤去。以出发点为原点沿斜面向上建立坐标系，整个运动过程中物块动能随位置坐标变化的关系图像如图乙所示，斜面倾角 $\theta = 37°$，$\cos37° = 0.8$，$\sin37° = 0.6$，g 取 10 m/s^2，求：



甲



乙

（1）沿斜面向上滑动的加速度大小，以及物块上滑过程所需要的时间；

（2）恒力 F 大小，以及斜面与物块间的动摩擦因数；

（3）上滑过程中物块机械能的改变量；

（4）整个运动过程中，恒力 F 做的功，以及系统由于摩擦产生的热量；

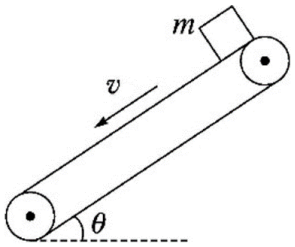
（5）下滑过程所需要的时间；

（6）物块返回斜面底端时重力的瞬时功率；

（7）整个运动过程中，物块所受合力的冲量大小和方向。

7、倾斜传送带（以及运动学图像、功、机械能、冲量等）

如图所示，长度 $L=4\ \text{m}$ 的传送带与水平面夹角为 $\theta=37°$，以速度 $v=5\ \text{m/s}$ 逆时针匀速转动。在传送带的上端轻轻放置一个质量为 $m=1\ \text{kg}$ 的小煤块，小煤块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，传送带始终匀速转动，在小煤块从传送带上端运送到底端的过程中，求：



（1）小煤块刚放上去时的加速度；

（2）小煤块运送到传送带底端需要的时间；

（3）画出小煤块运动的 $v-t$ 图像；

（4）小煤块在传送带上留下的痕迹长度；

（5）摩擦力对小煤块所做的功；

（6）由于摩檫而产生的热量；

（7）分析小煤块的机械能如何变化；

（8）小煤块机械能的改变量；

（9）重力、弹力和摩擦力分别对小煤块产生的冲量；

（10）合力对小煤块产生的冲量。

8、分离问题（牛顿第二定律、匀变速直线运动、机械能等）

如图所示，一轻质弹簧的下端固定在水平面上，上端叠放两个质量均为 1 kg 的物体 A、B（B 物体与弹簧栓接），弹簧的劲度系数为 $k = 50$ N/m，初始时系统处于静止状态。现用一方向竖直向上的拉力 F 作用在物体 A 上，使物体 A 开始向上做加速度 $a = 4$ m/s^2 的匀加速直线运动，重力加速度 g 取 10 m/s^2，空气阻力忽略不计，求：

（1）外力 F 刚施加的瞬间，F 的大小；

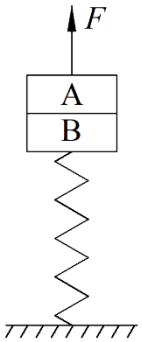
（2）从施加拉力 F 到 A、B 分离时，A 物体的位移大小；

（3）从施加拉力 F 到 A、B 分离时需要的时间和分离时物体 A 速度的大小；

（4）当弹簧压缩量减小到 0.3 m 时，拉力 F 的大小和 A、B 间弹力的大小；

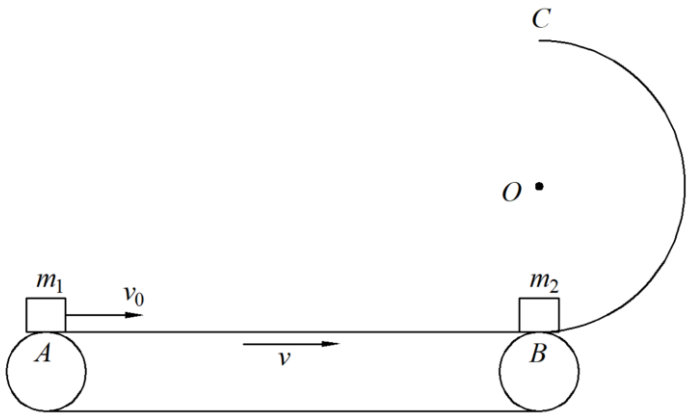
（5）A、B 分离后至物体 B 速度减小到零的过程中，B 的动能如何变化，弹簧和 B 组成的系统的机械能如何变化；

（6）从施加拉力 F 到 B 物体速度达到最大时，B 物体的位移大小。



9、水平传送带、碰撞、竖直面内的圆周运动（以及功、功率、冲量等）

如图所示，传送带长度为 14 m，顺时针转动，速度大小为 $v = 20$ m/s，与竖直平面内的半径 $r = 8$ m 的光滑半圆弧轨道相切。质量 $m_1 = 2$ kg 的物块以 $v_0 = 16$ m/s 的初速度冲上传送带左端 A 点，物块与传送带间的动摩擦因数为 0.8。物块 m_1 在传送带右端 B 点与物块 m_2 发生碰撞，碰后 m_2 恰好可以到达半圆弧轨道的最高点 C，$m_2 = 1$ kg，m_1 和 m_2 均可视为质点，g 取 10 m/s^2，求：



（1）物块 m_1 在传送带上运动的时间和到达传送带右端 B 点的速度大小；

（2）在传送带上，摩擦力对物块 m_1 做的功和做功这段时间的平均功率；

（3）在传送带上，摩擦力和支持力分别对物块 m_1 产生的冲量；

（4）碰撞后瞬间，物块 m_1 和物块 m_2 的速度，以及由于碰撞所损失的机械能；

（5）碰撞后瞬间，物块 m_2 对轨道的压力大小；

（6）物块 m_2 离开半圆弧 1 s 时，重力做功的功率大小；

（7）物块 m_1 第 2 次在传送带上运动时，离开 B 点的最远距离，以及在这个过程中由于摩擦产生的热量；

（8）物块 m_1 又回到达传送带 B 点时的速度大小。

10、万有引力与航天

2020 年 5 月 5 日，长征五号 B 运载火箭在中国文昌航天发射场成功首飞，将新一代载人飞船试验船送入太空，若试验船绕地球做匀速圆周运动，周期为 T，离地高度为 h，已知地球半径为 R，万有引力常量为 G，求：

（1）试验船的运行速度；

（2）地球的质量；

（3）地球的第一宇宙速度；

（4）地球的平均密度；

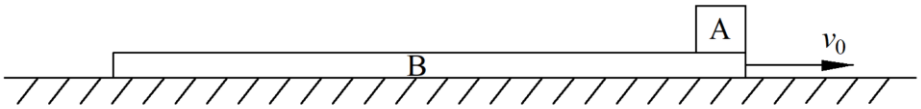
（5）地球表面的重力加速度；

（6）在距离地球表面高度为 H 的地方以初速度 v_0 平抛一个物块，求物块落地时的水平位移。

（7）若轨道存在稀薄空气，试验船轨道半径变大还是变小，机械能、动能、引力势能如何变化。

11、板块模型（无拉力）（以及运动学图像等）

$t = 0$ 时刻，木板 B 在水平地面上运动的速度大小 $v_0 = 9$ m/s，将一相对于地面静止的物块 A 轻放到木板上。已知物块 A 质量 $m_A = 1$kg，木板 B 质量 $m_B = 2$ kg，物块与木板间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.4$，木板与地面间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.2$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。$g = 10$ m/s^2，求：



（1）刚开始时，物块 A 和木板 B 的加速度大小；

（2）若物块 A 始终没有离开木板 B，求木板的最小长度；

（3）若物块 A 始终没有离开木板 B，求木板 B 在整个过程中的位移大小；

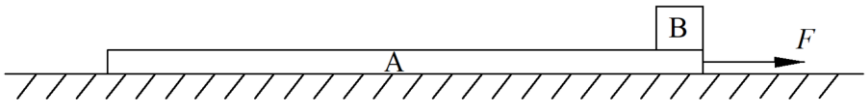
（4）画出全过程物块和木板的 v-t 图（二者图像画在一幅图中）；

（5）改变动摩擦因数为 $\mu_1 = 0.2$，$\mu_2 = 0.4$，且木板足够长，从 $t = 0$ 时刻到物块与木板均停止运动时，物块相对于木板的位移的大小；

（6）画出第（5）问的全过程物块和木板的 v-t 图（二者图线画在一幅图中）。

12、板块模型（有拉力）（以及运动学图像、功、摩擦生热等）

如图所示，水平地面上有一个薄木板 A，在木板上最右端叠放一个可视为质点的小滑块 B。小滑块质量 m =1 kg，与木板间动摩擦因数 $\mu_1 = 0.3$，木板长 $L = 0.5$ m，质量 $M = 2$ kg，木板与水平地面间和小滑块与水平地面间的动摩擦因数均为 $\mu_2 = 0.1$。现对木板施加水平向右的拉力 F。重力加速度大小 g 取 10 m/s^2。求：



（1）当 $F = 2$ N 时，小滑块与木板之间及木板与地面之间的摩擦力大小分别是多少；

（2）当 $F = 5$ N 时，小滑块与木板的加速度大小；

（3）当 $F = 14$ N 时，小滑块与木板的加速度大小；

（4）当 $F = 14$ N 时，小滑块经多长时间从木板上掉下；

（5）当 $F = 14$ N 时，小滑块从木板上掉下的过程中，摩擦力分别对小滑块和木板所做的功；

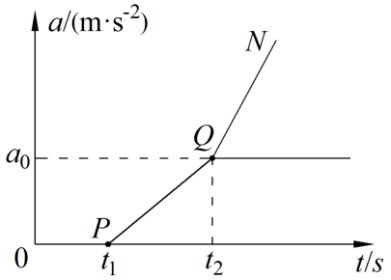
（6）当 $F = 14$ N 时，小滑块从木板上掉下的过程中，由于摩擦力而产生的热量；

（7）当 $F = 14$ N 时，小滑块从木板上掉下后，经过多长时间停止运动；

（8）当 $F = 14$ N 时，小滑块停止运动时，小滑块与木板的距离；

（9）当 $F = 14$ N 时，从开始运动到小滑块停止运动的过程中，摩擦力对木板产生的冲量；

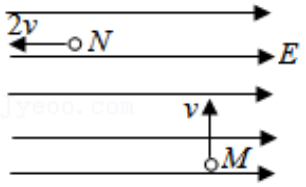
（10）当 F 随时间变化的表达式为 $F = 24t$ (N)时，物块加速度随时间变化的图像如下图所示，分别求出 t_1、t_2 和 a_0 的值；



（11）当 F 随时间变化的表达式为 $F = 24t$ (N)时，求出线段 PQ 和 QN 的斜率之比。

13、电场和重力场的叠加（以及动能定理、功、电势能、电势差等）

如图所示，在水平向右的匀强电场中，质量为 m 的带电小球，以初速度 v 从 M 点竖直向上运动，通过 N 点时，速度大小为 $2v$，方向与电场方向相反，重力加速度为 g，求小球从 M 点到 N 点运动的过程中：



（1）小球带正电还是负电；

（2）动能的增加量；

（3）重力势能的增加量；

（4）电势能如何变化及电势能的变化量；

（5）机械能的增加量；

（6）运动时间；

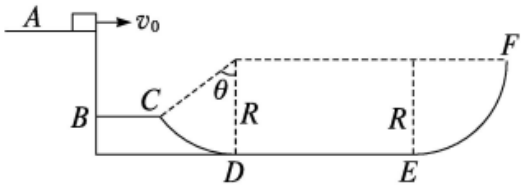
（7）M 点到 N 点在竖直方向上的距离；

（8）M 点到 N 点在水平方向上的距离；

（9）如果小球带电量的大小为 q，求匀强电场场强的大小以及 N 点与 M 点的电势差。

14、平抛运动、动能定理、竖直面内圆周运动（以及功率、摩擦生热等）

滑板运动是一项刺激的运动，深受青少年的喜欢，某次比赛中部分赛道如图所示。平台 A 和平台 BC 高度相距 h = 3.2 m，粗糙水平轨道 DE 与光滑圆弧形轨道 CD、$\frac{1}{4}$ 光滑圆弧形轨道 EF 相切于 D、E 点。若运动员与滑板一起（可看作质点）从平台 A 以速度 v_0 水平飞出，恰好从 C 点无能量损失地沿着圆弧切线进入 CD 轨道，滑过 DE 冲上 EF 轨道，然后返回，恰好到 C 点速度为零。人和滑板总质量 m = 60 kg，光滑圆弧轨道 CD 对应的圆心角 θ = 53°，圆弧形轨道半径均为 R = 4 m，滑板与水平轨道 DE 间的摩擦可视为滑动摩擦，动摩擦因数 μ= 0.2，不计空气阻力，g 取 10 m/s^2，sin53°= 0.8，cos53°= 0.6。求：



（1）运动员的初速度 v_0 的大小；

（2）运动员第一次经过 C 点时重力的瞬时功率；

（3）运动员第一次经过 D 点时对圆弧轨道的压力大小；

（4）水平轨道 DE 的长度 L；

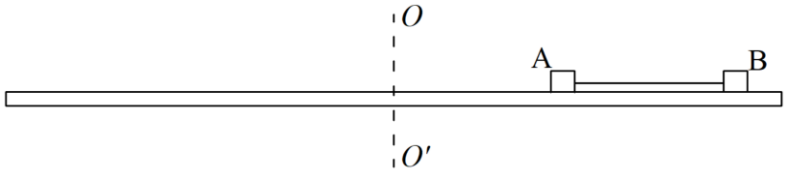
（5）运动员到达 F 点时的速度大小；

（6）运动员离开 F 点的最大高度和往返 F 点所需要的时间；

（7）在整个运动过程中由于摩擦所产生的热量，以及运动员停止运动后距 D 点的距离。

15、转盘模型（牛顿第二定律、圆周运动等）

如图所示，两个可视为质点的、质量均为 m 的物块 A 和 B 放在转盘的同一个半径上，两者用长为 L 的细绳连接，物块与转盘之间的最大静摩擦力均为各自重力的 K 倍，A 放在距离转轴 L 处，整个装置能绕通过转盘中心的转轴 OO' 转动。开始时，绳恰好伸直但无弹力。现让该装置从静止开始转动，使角速度缓慢增大。重力加速度为 g。求：



（1）若没有细绳，A、B 仍放在图中位置，而且两个物块均以角速度 ω 做匀速圆周运动。

①分别画出两个物块的受力分析图，并说明是什么力提供向心力；

②分别写出 A、B 的牛顿第二定律方程式。

（2）若没有细绳，A、B 仍放在图中位置，随着转盘角速度逐渐增大。

①哪个物块先滑离转盘？为什么？

②此时，另一个物块受到的静摩擦力大小是多少？

（3）细绳刚出现弹力的时刻：

①转盘的角速度大小是多少？

②求出此时刻 A、B 的线速度、向心加速度、周期、频率和转速的大小。

（4）A、B 将要一起发生滑动时：

①转盘的角速度大小是多少？

②绳上拉力大小是多少？

（5）当转盘角速度 $\omega=\sqrt{\frac{7Kg}{12L}}$ 时：

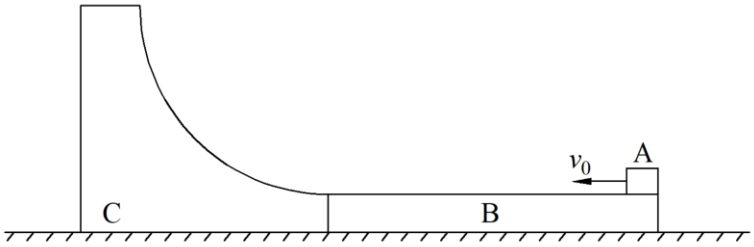
①绳上拉力大小是多少？

②A 受到的摩擦力大小是多少？

（6）当转盘角速度 $\omega=\sqrt{\frac{7Kg}{12L}}$ 时，烧断细绳，A、B 将会如何？

16、动量守恒定律（板块模型、水平方向动量守恒）

如图所示，在光滑水平面上有一块长为 L 的木板 B，上表面粗糙，在其左端有一个光滑的 $\frac{1}{4}$ 圆弧槽 C 与长木板接触但不连接，圆弧槽的下端与木板的上表面相平，B、C 静止在水平面上，现有滑块 A（可视为质点）以初速度 v_0 从右端滑上 B，并以 $\frac{v_0}{2}$ 的速度滑离 B，恰好能到达 C 的最高点。A、B、C 的质量均为 m，重力加速度为 g。



（1）如果木板 B 始终固定在地面上，求：

①滑块 A 与木板 B 之间的动摩擦因数；

②A 在 B 上运动过程中，A、B 之间滑动摩擦力对 A 做的功和对 B 做的功；

③A 在 B 上运动过程中，A、B 之间滑动摩擦力对 A 产生的冲量和对 B 产生的冲量；

④圆弧槽 C 的半径；

⑤从 A 滑上 C 到 A 到达 C 最高点的过程中，弹力对 A 做的功和对 C 做的功；

⑥滑块 A 滑离圆弧槽 C 的时刻，二者的速度。

（2）如果木板 B 没有固定在地面上，求：

①滑块 A 与木板 B 之间的动摩擦因数；

②A 在 B 上运动过程中，A、B 之间滑动摩擦力对 A 做的功和对 B 做的功；

③A 在 B 上运动过程中，A、B 之间滑动摩擦力对 A 产生的冲量和对 B 产生的冲量；

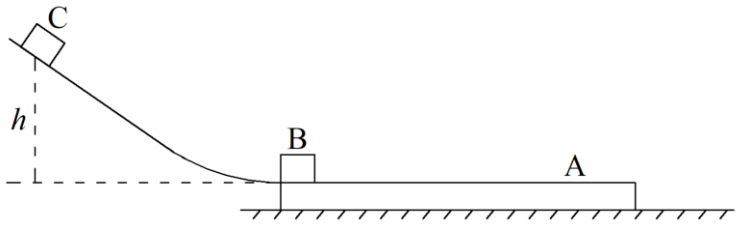
④圆弧槽 C 的半径；

⑤从 A 滑上 C 到 A 到达 C 最高点的过程中，弹力对 A 做的功和对 C 做的功；

⑥滑块 A 滑离圆弧槽 C 时刻，二者的速度。

17、碰撞、板块模型（以及动能定理、运动学图像等）

如图所示，长木板 A 静止在水平轨道上，小物块 B 静止在长木板的左端。光滑斜轨道底端水平，与长木板上表面等高。小物块 C 从斜轨道高为 $h = 0.8$ m 处由静止下滑，与 B 发生弹性正碰（碰撞时间极短）。已知 A、B、C 的质量均为 1 kg，B、C 可看作质点，物块 B、C 与长木板 A 之间的动摩擦因数均为 $\mu_1 = 0.4$，长木板 A 与水平轨道之间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.15$，滑块最终都没有滑离长木板。g 取 10 m/s^2，求：



（1）物块 C 与物块 B 碰撞前瞬间物块 C 的速度大小；

（2）物块 C 与物块 B 碰撞后瞬间两个物块的速度；

（3）长木板 A 刚开始运动时，A 的加速度大小和 B 的加速度大小；

（4）长木板 A 开始运动到 A、B 共速所需要的时间，以及这段时间 A、B 的位移大小；

（5）长木板 A 的总位移大小（保留 2 位有效数字）；

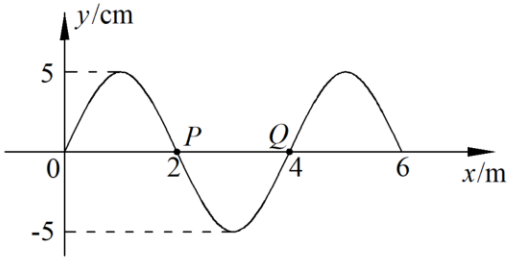
（6）长木板 A 的最小长度；

（7）在同一个 v-t 图中画出 A、B 的图像；

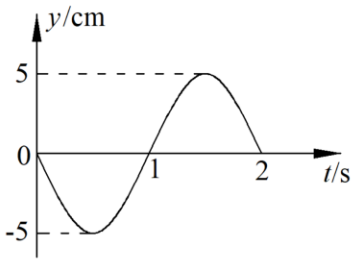
（8）如果固定长木板 A 在最初位置，增大物块 C 的质量为 2 kg，仍让物块 C 从原位置由静止下滑，其他条件不变，木板足够长，求物块 B、C 都停下时 B、C 间的距离（保留 2 位有效数字）。

18、简谐运动和机械波

一列简谐横波沿 x 轴负方向传播，图（a）是 $t=0$ 时刻的波形图，此时，波刚好传到坐标原点处；P 是介质中位于 $x=2$ m 处的质点，Q 是介质中位于 $x=4$ m 处的质点，图（b）是质点 P 或质点 Q 的振动图像。求：



图（a）



图（b）

（1）图（b）是质点 P 还是质点 Q 的振动图像？

（2）波源的起振方向；

（3）波的振幅、波长、周期和波速；

（4）$x=2$ m 处、$x=0$ 处和 $x=3$ m 处的质点在 $t=7$ s 时所处的位置以及振动方向；

（5）质点 P 在 $0\sim7$ s 时间内运动的路程；

（6）$x=2$ m 处、$x=0$ 处和 $x=3$ m 处的质点的振动方程；

（7）$x=-1$ m 处的质点第一次到达波谷的时刻；

（8）$x=-2$ m 处的质点第一次加速度达到最大的时刻；

（9）$x=\dfrac{8}{3}$ m 处的质点在 $t=0$ 时刻与平衡位置的距离；

（10）从 $t=0$ 起，$x=\dfrac{7}{3}$ m 处的质点什么时刻位于波谷；

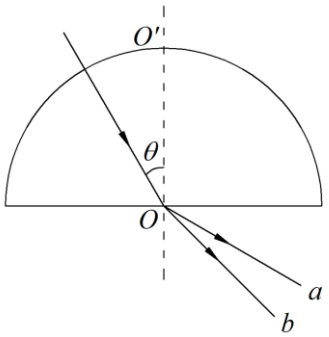
（11）如果图（a）所示横波的波源位于 $x=8$ m 处，另有一列波源位于 $x=-6$ m 处的简谐横波沿 x 轴正方向传播，其波源的振动方程为 $y=-10\sin(\pi t)$ cm，波速为 2 m/s。请问，两列波能否发生稳定的干涉现象？如果能，$x=-2$ m 处的质点和 $x=-3$ m 处的质点是加强点还是减弱点，其振幅分别是多少？

（12）图（a）所示横波遇到尺寸为 1 m 大小的障碍物能否发生明显的衍射现象，为什么？

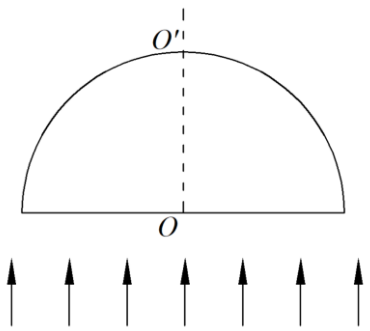
（13）若观察者远离图（a）所示横波的波源，观察者接收到的频率如何变化？

19、光、光电效应、氢原子模型、原子核

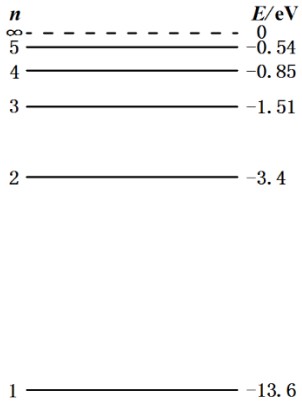
如图（1）所示，一束光沿半径方向射向一块半圆柱形玻璃砖，玻璃砖半径为 R，在玻璃砖底面上的入射角为 θ，经折射后射出 a、b 两束光线。求：



图（1）



图（2）



图（3）

（1）玻璃砖对哪束光的折射率更大，哪束光的频率更大？

（2）在玻璃中，哪束光的传播速度更大？

（3）在真空中，哪束光的波长更大？

（4）若改变光束的入射方向使 θ 角逐渐变大，哪束光线先消失？

（5）若玻璃砖对 a 光的折射率为 $\sqrt{3}$，a 光在玻璃砖底面上的入射角 $\theta=30°$，真空中光速为 c，求折射角和光在玻璃砖中传播的时间（不考虑被玻璃砖底面反射后的光线）。

（6）如图（2）所示，若玻璃砖的折射率为 1.5，现有一束平行光垂直入射到半球的底面上，有些光线能从球面射出（不考虑被半球的内表面反射后的光线）。求：

①从球面射出的光线对应的入射光线到光轴 OO' 距离的最大值；

②距光轴 $\frac{R}{3}$ 的入射光线经球面折射后与光轴 OO' 的交点到 O 点的距离。

（7）分别用 a、b 光在同一个双缝干涉实验装置上做实验，哪束光的干涉条纹间距更大？

（8）分别用 a、b 光照射同一种金属，假设只有一束光产生光电效应，是哪束光？

（9）分别用 a、b 光照射同一种金属，假设均产生光电效应。

①哪束光照射金属时逸出功更大？

②哪束光照射金属时光电子的最大初动能更大？

③哪束光照射金属时遏止电压更大？

（10）图（3）所示为氢原子能级图，如果用 *a* 光照射一群处于基态的氢原子，氢原子恰好跃迁到第 3 能级。

①这群氢原子能释放出几种不同频率的光子？

②能量最高的光子是从哪个能级跃迁到哪个能级？其能量是多少？

③能量最低的光子是从哪个能级跃迁到哪个能级？其能量是多少？

④如果用 *b* 光照射一群处于基态的氢原子，氢原子能否跃迁到第 2、3、4 能级？

⑤若要使处于第 2 能级的氢原子发生电离，照射光子的能量最少是多少？

（11）若 *a* 光是 $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 原子核在发生衰变时放出的 γ 射线，$^{238}_{92}\mathrm{U}$ 原子核衰变后的新核不稳定继续衰变，两个方程分别为 $^{238}_{92}\mathrm{U}\rightarrow{}^{234}_{90}\mathrm{Th}+\mathrm{X}$，$^{234}_{90}\mathrm{Th}\rightarrow{}^{234}_{91}\mathrm{Pa}+\mathrm{Y}$。

① $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 的质子数和中子数分别是多少？

② $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 和 $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ 相比，哪个原子核的结合能更大？哪个的比结合能更大？哪个更稳定？

③X 的本质是什么？Y 的本质是什么？

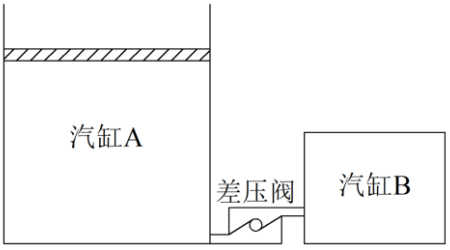
④将 γ 射线和 X、Y 进行对比，把它们的穿透能力、电离能力和在电场或磁场中的偏折程度排序。

⑤ $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ 的半衰期为 24 天，1 g 的 $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ 经历 72 天后，还剩多少？若升高 $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ 的环境温度，它的半衰期如何变化？

⑥ $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 发生衰变和核聚变都能放出能量，一种聚变反应方程为 $^{2}_{1}\mathrm{H}+{}^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow{}^{3}_{2}\mathrm{He}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}$，$^{2}_{1}\mathrm{H}$ 质量为 2.0136u，$^{3}_{2}\mathrm{He}$ 质量为 3.0150u，$^{1}_{0}\mathrm{n}$ 质量为 1.0087u，1u＝931 MeV/c^2。计算氘核聚变反应中释放的核能（结果保留 2 位有效数字）。

20、气体实验定律（活塞—汽缸问题）

差压阀可控制气体进行单向流动，广泛应用于减震系统。如图所示，A、B 两个导热良好的汽缸通过差压阀连接，A 内轻质活塞的上方与大气连通，B 的体积不变。当 A 内气体压强减去 B 内气体压强大于 Δp 时差压阀打开，A 内气体缓慢进入 B 中；当该差值小于或等于 Δp 时差压阀关闭。当环境温度 $T=300\ \mathrm{K}$ 时，A 内气体体积 $V_{\mathrm{A}}=4.0\times10^{-2}\ \mathrm{m}^3$；B 内气体压强等于大气压强 p_0。已知活塞的横截面积 $S=0.10\ \mathrm{m}^2$，$\Delta p=0.11p_0$，$p_0=1.0\times10^5\ \mathrm{Pa}$。重力加速度大小取 $g=10\ \mathrm{m/s}^2$，A、B 内的气体可视为理想气体，忽略活塞与汽缸间的摩擦，差压阀与连接管道内的气体体积不计。



（1）在最初状态下，锁死差压阀，将环境温度升高到 330 K，求

①此时 A 内气体的体积；

②B 内气体的压强；

③A 内气体的内能增加还是减少？如果这个变化量的大小是 200 J，A 内气体吸热还是放热？这个热量是多少？

（2）在最初状态下，锁死差压阀，保持环境温度 $T=300\ \mathrm{K}$ 不变，在活塞上缓慢倒入铁砂，稳定后，若 A 内气体体积变为 $\frac{4}{5}V_{\mathrm{A}}$，求

①此时 A 内气体的压强；

②倒入铁砂的质量。

（3）在最初状态下，锁死差压阀，将环境温度升高到 330 K 时，然后在活塞上缓慢倒入铁砂 100 kg，求最终 A 内气体的体积。

（4）在最初状态下，使差压阀处于正常工作状态，将环境温度降低到$T_2 = 270\ \mathrm{K}$并保持不变，求

①B 内气体压强；

②A 内气体体积；

③在活塞上缓慢倒入铁砂，若 B 内气体压强回到p_0并保持不变，求倒入铁砂的质量；

④现在 B 内的气体与原来 B 内的气体质量之比。

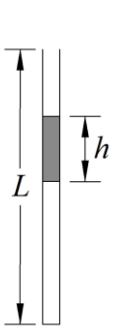
（5）在最初状态下，拆除差压阀，向 B 内充入压强为$2p_0$、体积为 2 倍 B 汽缸体积的气体，充气过程温度不变，求

①最终 B 内气体压强；

②冲入气体与原来 B 内的气体质量之比。

21、气体实验定律（水银柱—玻璃管问题）

（i）如图（1）所示，一粗细均匀的细管开口向上竖直放置，细管长 $L=20\,\text{cm}$，管内有一段高度 $h=5\,\text{cm}$ 的水银柱，水银柱下密封了一定量的理想气体，水银柱上表面到管口的距离为 5 cm。已知大气压强为 75 cmHg，环境温度为 300 K。（①②③⑥⑦结果均保留 2 位小数）



图（1）



图（2）



图（3）

①若将细管水平放置，求此时气柱长度。

②若将细管倾斜至与水平面夹角 37°，求此时气柱长度（$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$）。

③若将细管倒置，求此时水银柱下表面与管口的距离。

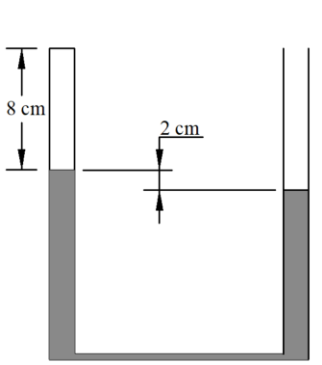
④细管开口仍向上，缓慢加热管内被密封的气体，直到水银柱的上表面恰好与管口平齐为止，求此时密封气体的温度。

⑤细管开口仍向上，且保持环境温度不变，缓慢注入水银，直到水银柱的上表面距离管口 3 cm 为止，求注入水银柱的长度是多少？（答案可用根号表示）

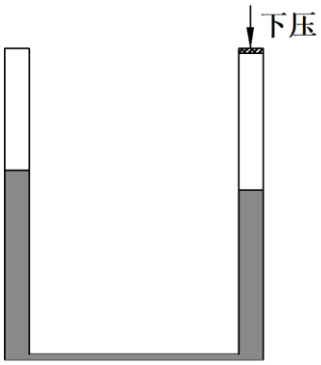
⑥细管开口仍向上，且保持环境温度不变，在开口端缓慢下压活塞（活塞厚度不计），如图（2）所示，当下部气柱长度变成 8 cm 时，求活塞下移距离。

⑦保持环境温度不变，封闭开口端，如图（3）所示，将细管水平放置，求两侧空气柱长度？

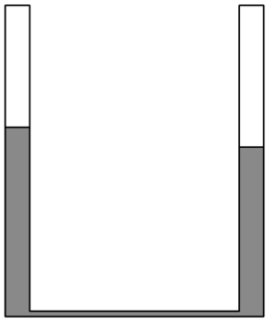
（ii）一端开口的 U 形管竖直放置，U 形管的开口端和封闭端等高，管内由水银柱封有一段空气柱，大气压强为 76 cmHg，当气体温度为 27 ℃时空气柱长为 8 cm，开口端水银面比封闭端水银面低 2 cm，如图（1）所示。（①②④⑤结果均保留 2 位小数）



图（1）



图（2）



图（3）

①当气体温度上升到多少℃时，空气柱长为 10 cm？

②若保持温度为 27 ℃不变，在开口端加入多长的水银柱能使空气柱长为 7.4 cm？

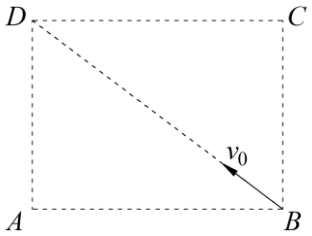
③若保持温度为 27 ℃不变，用针管从开口端抽取 4 cm 长的水银柱，空气柱长度变为多少？（答案可用根号表示）

④若保持温度为 27 ℃不变，在开口端缓慢下压活塞（活塞厚度不计），如图（2）所示，当开口端水银面比封闭端水银面低 10 cm 时，求活塞下移距离。

⑤封闭开口端，如图（3）所示，将 U 形管由竖直放置变成水平放置，求两侧空气柱长度。

22、电场强度、电势、电场力做功、电势能等

如图所示，匀强电场内有一矩形 *ABCD* 区域，已知矩形区域的边长 *AB* = 8 cm，*BC* = 6 cm，*A*、*B*、*C* 三点的电势分别为 6 V、12 V、18 V，不计粒子重力，求：



（1）*D* 点电势；

（2）带电量大小为 *e* 的负电荷在 *A*、*B*、*C*、*D* 四个点，在哪一点的电势能最大，这个最大值是多少；

（3）将带电量大小为 *e* 的负电荷从 *B* 点移动到 *D*，电势能变化了多少，电场力做功多少；

（4）电场强度的大小和方向；

（5）如果将电荷量为 *e* 的带电粒子从 *B* 点沿 *BD* 方向以 8 eV 的动能射入该区域，粒子恰好从 *A* 点射出该区域，求：

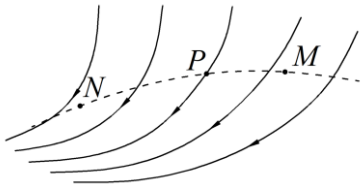
①判断粒子带正电还是负电；

②计算粒子到达 *A* 点时的动能；

③改变粒子入射方向，让粒子经过 *C* 点。定性画出入射速度方向，并计算粒子经过 *C* 点时的动能。

23、粒子在电场中的轨迹问题

如图所示中的实线表示电场线，虚线表示只受电场力作用的带电粒子的运动轨迹，粒子先经过 M 点，再经过 N 点。



（1）比较 M、N 两点的电场强度大小，以及粒子在 M、N 两点的电场力和加速度大小；

（2）画出粒子在 P 点的受力方向；

（3）粒子带正电还是负电；

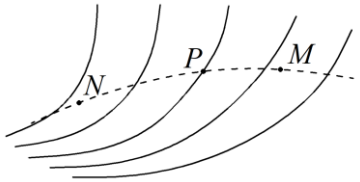
（4）比较 M、N 两点的电势高低；

（5）分别比较粒子在 M、N 两点的电势能和动能的大小关系；

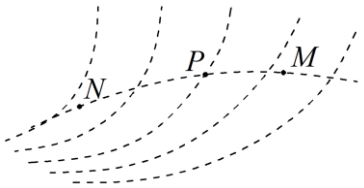
（6）电场力做正功还是负功；

（7）若粒子先经过 N 点再经过 M 点，粒子在 P 点的受力方向还和之前一样吗？粒子的电性和之前一样吗？比较 M、N 两点的电场强度大小、电势高低，比较粒子在 M、N 两点的动能和电势能大小，电场力做正功还是负功？

（8）若电场线方向未知，如下图所示，重新解答第（1）~（6）问；



（9）若将电场线换成等势线，如下图所示，虚线 MPN 表示只受电场力作用的带正电粒子的运动轨迹，先经过 M 点，再经过 N 点。



①比较 M、N 两点的电场强度大小，以及粒子在 M、N 两点的电场力和加速度大小；

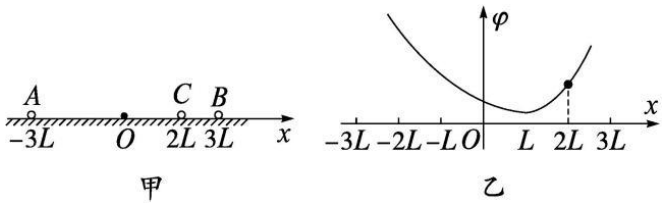
②画出粒子在 P 点的受力方向；

③比较 M、N 两点的电势高低；

④分别比较粒子在 M、N 两点的电势能和动能的大小关系。

24、电场中的图像（电势—位置图像、电场强度—位置图像）

（i）在绝缘光滑的水平面上相距为 $6L$ 的 A、B 两处分别固定两个点电荷，固定在 A 处的点电荷所带电荷量的数值为 Q，两电荷的位置坐标如图甲所示。图乙是 AB 连线之间的电势 φ 与位置 x 之间的关系图像，图中 $x = L$ 点为图线的最低点，若在 $x = 2L$ 的 C 点由静止释放一个质量为 m、电荷量为 $+q$ 的带电小球（可视为质点）。静电力常量为 k，求：



（1）两固定点电荷均带正电？均带负电？还是一正一负？

（2）$x = 0$ 处的电场强度大小和方向；

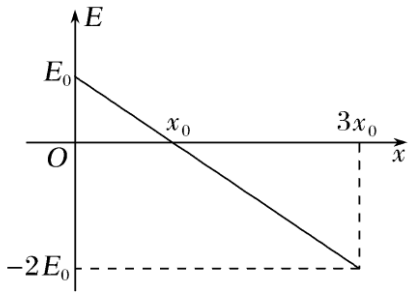
（3）描述带电小球从 $2L$ 开始运动的运动形式（不考虑折返）；

（4）带电小球在运动过程中电势能如何变化（不考虑折返）；

（5）小球在哪个位置时速度最大；

（6）若已知带电小球经过 $x = 0$ 处的速度为 v，求 $x = 2L$ 和 $x = 0$ 两个位置的电势差。

（ii）某静电场中 x 轴上电场强度 E 随 x 变化的关系如图所示，设 x 轴正方向为电场强度的正方向。一电荷量大小为 q 的粒子从坐标原点 O 以某一初速度沿 x 轴正方向运动，粒子刚好能运动到 $x=3x_0$ 处，粒子仅受电场力作用，E_0 和 x_0 已知，求：



（1）0 至 $3x_0$ 区域内，电场强度的方向和电势的变化规律；

（2）粒子带正电还是负电；

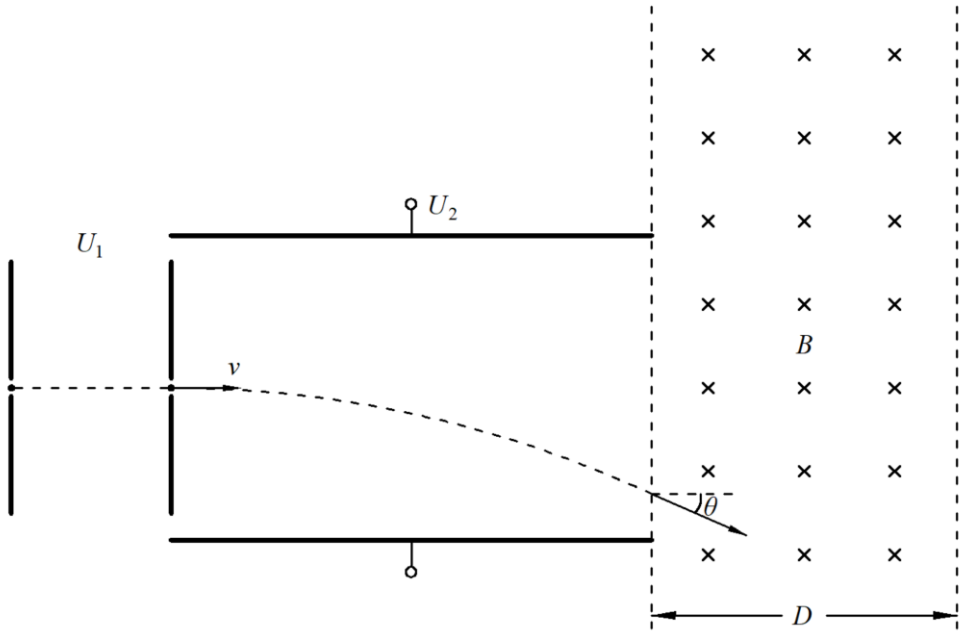
（3）描述粒子在 0 至 $3x_0$ 区域内的运动形式；

（4）粒子的初动能；

（5）粒子的最大动能。

25、粒子在电场中的加速和偏转、粒子在磁场中的圆周运动

如图所示，一个质量为 $m=2.0\times10^{-11}$ kg，电荷量 $q=+1.0\times10^{-5}$ C 的带电粒子（不计重力），从静止开始经 $U_1=25$ V 电压加速后，进入两平行金属板间的偏转电场中，进入速度与板平行。金属板长 $L=20$ cm，两板间距 $d=10\sqrt{3}$ cm 。求：



（1）粒子进入偏转电场时的速度 v 是多大；

（2）粒子在偏转电场中的运动时间；

（3）若粒子射出电场时的偏转角为 $\theta=30°$，则

①两金属板间的电压 U_2 是多大；

②粒子在偏转电场中的偏移量；

③粒子进入和射出偏转电场的两点间的电势差；

④粒子在偏转电场中电势能的改变量。

（4）若粒子射出电场时的偏转角为 $\theta=30°$，并立即进入一个方向垂直于纸面向里的匀强磁场，若该匀强磁场平行边界的宽度为 $D=10\sqrt{3}$ cm，为使粒子不从磁场右边界射出，求：

①该匀强磁场的磁感应强度 B 的最小值；

②若粒子恰好未从磁场右边界射出，粒子在磁场中的运动时间以及粒子进出磁场两点间的距离。

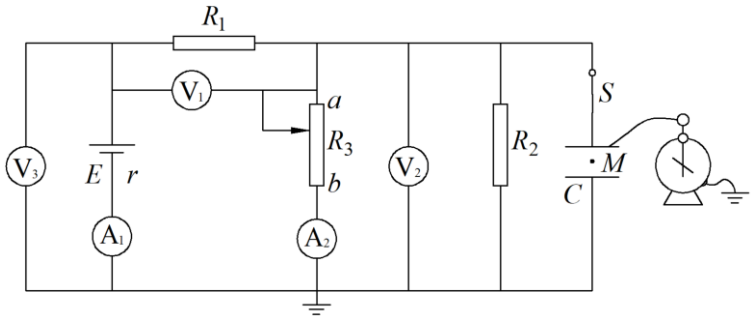
（5）若仅增大粒子的质量，则粒子在加速电场和偏转电场中的总时间、在偏转电场中的偏移量、在加速电场和偏转电场中电场力做的总功、离开偏转电场的速度偏转角 θ、在磁场中运动的半径和周期分别如何变化？

（6）若仅增大粒子的带电量，第（5）问中的各项内容如何变化？

（7）若粒子质量变为：$m_1=4.0\times10^{-11}\text{kg}$，带电量变为：$q_1=+2.0\times10^{-5}\text{C}$，第（5）问中的各项内容如何变化？

26、电路（电源的功率和效率、动态电路、含容电路等）

如图所示，电源负极接地，其电动势为 $E=6\ \mathrm{V}$、内电阻为 $r=2\ \Omega$，定值电阻 $R_1=2\ \Omega$、$R_2=4\ \Omega$，R_3 为滑动变阻器，阻值为 $0\sim4\ \Omega$，C 为电容器，开关 S 闭合，两板之间 M 点静止一带电液滴，电流表和电压表均为理想电表。求：



（1）R_3 多大时，R_1 消耗的功率最大，最大值是多少；

（2）R_3 多大时，电源的输出功率最大，最大值是多少；

（3）R_3 多大时，电源的效率最大，最大值是多少；

（4）R_3 多大时，R_2 和 R_3 消耗的功率之和最大，最大值是多少；

（5）将 R_3 滑片 P 从某位置移动到另一位置，求 $\left|\dfrac{\Delta U_1}{\Delta I_1}\right|$、$\left|\dfrac{\Delta U_2}{\Delta I_1}\right|$ 和 $\left|\dfrac{\Delta U_3}{\Delta I_1}\right|$，并比较这三个数值的大小；

（6）R_3 滑片 P 自 a 端向 b 端滑动，5 块电表的示数分别如何变化；

（7）R_3 滑片 P 自 a 端向 b 端滑动，a 点的电势如何变化；

（8）R_3 滑片 P 自 a 端向 b 端滑动，电容器 C 所带电荷量如何变化？带电液滴还会保持静止吗？如果运动，向哪个方向运动；

（9）保持滑片 P 位置不变，上移电容器的上极板，带电液滴向哪个方向运动，M 点的电势如何变化；

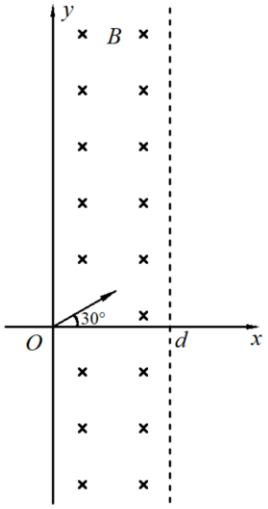
（10）保持滑片 P 位置不变，上移电容器的下极板，带电液滴向哪个方向运动，M 点的电势如何变化；

（11）断开开关 S，上移电容器的上极板，静电计指针偏角如何变化，带电液滴向哪个方向运动，M 点的电势如何变化；

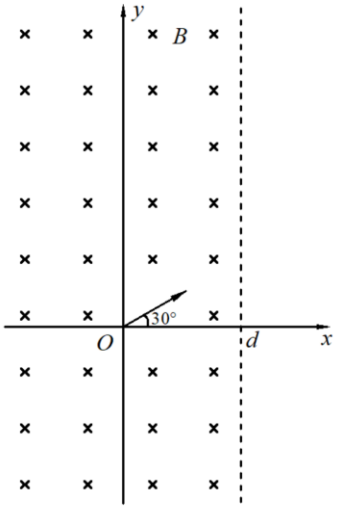
（12）断开开关 S，电容器的下极板向右平移一小段（液滴仍在两板间），静电计指针偏角如何变化，带电液滴向哪个方向运动，M 点的电势如何变化。

27、粒子在磁场中的圆周运动（平行边界）

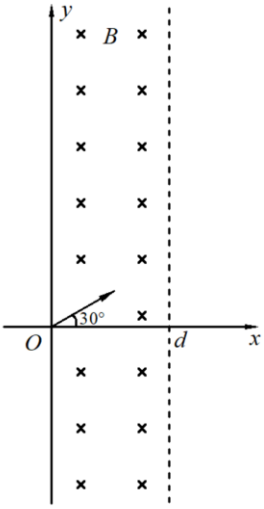
如图（a）所示，在坐标系的 y 轴右侧存在有理想边界的匀强磁场，磁感应强度大小为 B，磁场的宽度为 d，磁场方向垂直于 xOy 平面向里。一个质量为 m、电荷量为 $-q$ ($q>0$)的带电粒子，从原点 O 射入磁场，速度方向与 x 轴正方向成 30°角，粒子恰好不从右边界射出。不计粒子重力。关于该粒子在磁场中的运动情况，求：



图（a）



图（b）



图（c）

（1）找到粒子轨迹圆的圆心、画出轨迹，并求出粒子的轨迹半径；

（2）粒子进入磁场时的速度大小；

（3）粒子在磁场中运动的时间；

（4）粒子离开磁场的点的坐标；

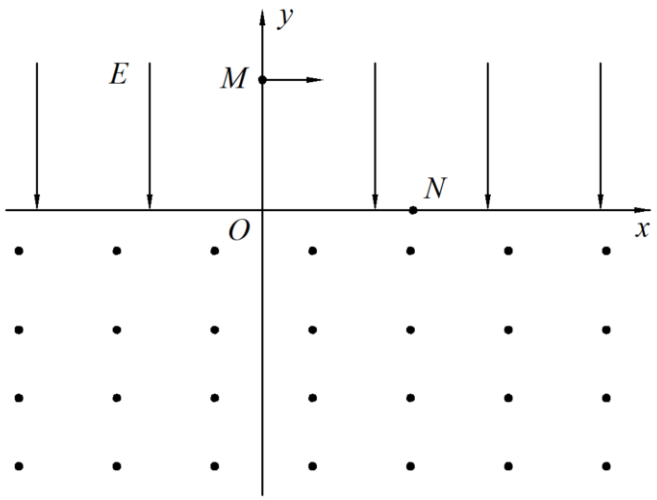
（5）若只改变粒子入射速度方向，要求粒子能从 y 轴飞出，求 y 轴上的飞出区域；

（6）若磁场区域如图（b）所示（磁场左侧无边界），只改变粒子的初速度方向，求粒子从右边界飞出的区域；

（7）若粒子带正电，其它条件不变，在图（c）中作图，重新求解第（1）~（5）问。

28、粒子先在电场中偏转、后在磁场中圆周运动

如图，在 $y>0$ 的区域存在方向沿 y 轴负方向的匀强电场，场强大小为 E，在 $y<0$ 的区域存在方向垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场。一个质量为 m，电荷量为 q 的带电粒子从 y 轴上的 M 点沿 x 轴正方向开始运动，从 x 轴上的 N 点进入磁场。M 点坐标为（0，h），N 点坐标为（$\frac{2\sqrt{3}}{3}h$，0）。粒子进入磁场后从坐标原点 O 处第一次射出磁场。不计粒子重力。求：



（1）画出粒子第一次在电场中运动的轨迹，并求出第一次在电场中运动的加速度大小和时间；

（2）粒子在 M 点的初速度大小；

（3）粒子在 N 点的速度大小和方向；

（4）找到粒子第一次在磁场中运动的轨迹圆的圆心、画出轨迹，并求出粒子的轨迹半径；

（5）磁场的磁感应强度大小；

（6）粒子第一次在磁场中运动的时间；

（7）画出粒子第二次在电场中运动的轨迹，并求出第二次在电场中运动的时间；

（8）粒子第二次进入磁场的点的坐标和第二次射出磁场的点的坐标；

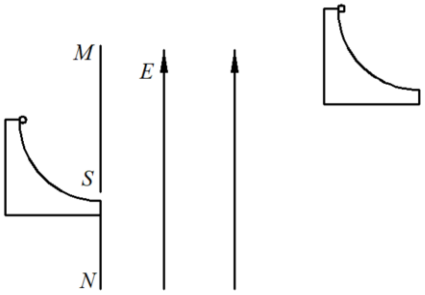
（9）如果粒子在第二次进入磁场时，磁感应强度大小变为原来的 $\frac{1}{3}$，求粒子第二次射出磁场的点的坐标和粒子第二次在磁场中运动的时间。

29、三场叠加（以及竖直面内圆周运动、平抛运动等）

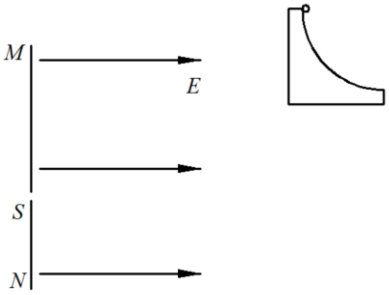
（1）如图（a）所示，挡板 MN 右侧有竖直向上的匀强电场和垂直于纸面的匀强磁场，电场强度大小 $E=10\sqrt{3}$ N/C，磁感应强度大小 $B=5$ T。挡板左侧有一个 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道，轨道末端紧贴挡板上的小孔 S。一个质量 $m=3$ g、电荷量 $q=-3\times10^{-3}$ C 的带电小球从轨道顶端由静止释放，下滑至轨道末端后，立即从小孔 S 进入挡板右侧，并做匀速直线运动。重力加速度 $g=10$ m/s^2。求：

①画出小球在挡板右侧的受力分析图，并求出磁感应强度的方向和小球速度的大小；

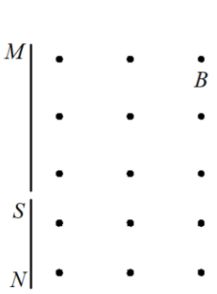
②$\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道的轨道半径 R，以及小球运动到轨道末端时对轨道的压力大小。



图（a）



图（b）



图（c）

（2）如图（b）所示，挡板 MN 右侧有竖直向上的匀强电场和垂直于纸面的匀强磁场，电场强度大小 $E=10\sqrt{3}$ N/C，磁感应强度大小 $B=5$ T。挡板上小孔 S 左上方某位置有一个 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道。一个质量 $m=3$ g、电荷量 $q=-3\times10^{-3}$ C 的带电小球从轨道顶端由静止释放，从末端飞出后恰好自小孔 S 进入挡板右侧，并做匀速直线运动。重力加速度 $g=10$ m/s^2。

①画出小球在挡板右侧的受力分析图，并求出磁感应强度的方向和小球速度的大小、方向；

②$\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道的轨道半径 R；

③小球从圆弧轨道末端运动到小孔 S 的时间，以及圆弧轨道末端到小孔 S 的距离。

（3）如图（c）所示，在第（2）问基础上，仅改变电场的方向和电场强度的大小，使小球在挡板右侧的匀强磁场中做匀速圆周运动，求：

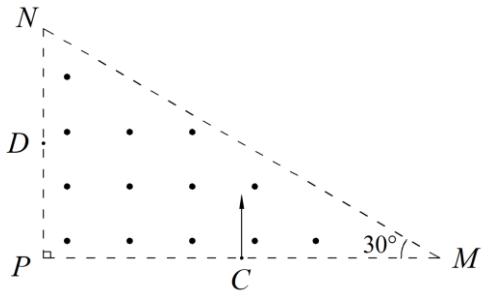
①改变后电场的方向和电场强度的大小；

②小球在板间做匀速圆周运动的轨道半径；

③求小球从进入小孔 S 到第一次到达挡板的时间、在竖直方向上的距离和电势能、机械能的改变量。

30、粒子在磁场中的圆周运动（三角形边界）

如图所示，以直角三角形 MNP 三条边为边界的匀强磁场的磁感应强度大小为 B，方向垂直纸面向外。$\angle M = 30°$，$NP = L$，C 为 MP 的中点，D 为 NP 的中点，在 C 点有一粒子源可沿平行 PN 方向射入速度大小不同的正、负电子。电子的质量为 m、电荷量为 e，不考虑电子间的相互作用，不计正、负电子的重力。求：



（1）有没有电子可能从 P 点射出磁场？有没有电子可能从 M 点射出磁场？它们分别是正电子还是负电子？

（2）求负电子在磁场中运动的最长时间；在这些电子中，最大的轨道半径和对应的速度大小是多少？

（3）求正电子在磁场中运动的最长时间；在这些电子中，最大的轨道半径和对应的速度大小是多少？

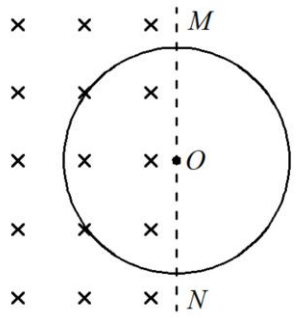
（4）有一个正电子垂直 MN 边射出，求这个正电子的轨道半径、速度大小和在磁场中的运动时间；

（5）从 PN 边射出的电子中，求射出点离 N 点最近的电子的轨道半径、速度大小和在磁场中的运动时间；

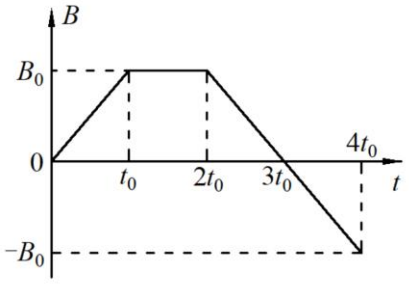
（6）有一个电子从 D 点离开磁场，求这个电子的轨道半径、速度大小和在磁场中的运动时间。

31、感生电动势（以及楞次定律、安培力、电阻定律等）

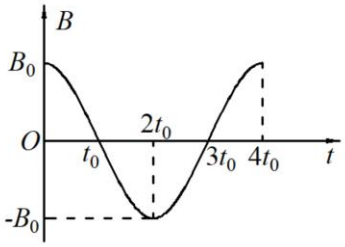
空间存在一方向与纸面垂直、大小随时间变化的匀强磁场，其边界如图（a）中虚线 MN 所示。一硬质细导线的电阻率为 ρ、横截面积为 S，将该导线做成半径为 r 的圆环固定在纸面内，圆心 O 在 MN 上。规定垂直纸面向里为磁感应强度的正方向，磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图（b）所示。规定顺时针方向为感应电动势和感应电流的正方向，则在 $t=0$ 到 $t=4t_0$ 的时间间隔内：



图（a）



图（b）



图（c）

（1）分别判断 $0\sim t_0$ 、 $t_0\sim 2t_0$ 、 $2t_0\sim 3t_0$ 、 $3t_0\sim 4t_0$ 的感应电流的方向；

（2）分别求出 $0\sim t_0$ 、 $t_0\sim 2t_0$ 、 $2t_0\sim 3t_0$ 、 $3t_0\sim 4t_0$ 的感应电动势和感应电流的大小；

（3）分别判断 $0\sim t_0$ 、 $t_0\sim 2t_0$ 、 $2t_0\sim 3t_0$ 、 $3t_0\sim 4t_0$ 圆环所受安培力的方向，并求出 $\frac{t_0}{2}$ 和 $3t_0$ 时刻安培力的大小；

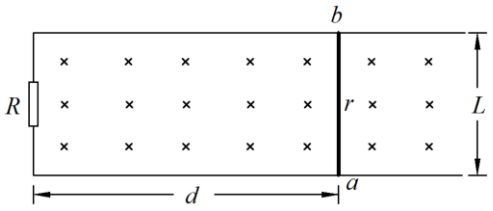
（4）求 $0\sim 4t_0$ 圆环上产生的焦耳热；

（5）求 $2t_0\sim 4t_0$ 流过圆环横截面的电荷量；

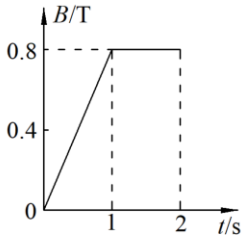
（6）若 B - t 图如图（c）所示，分别判断 $0\sim t_0$ 、 $t_0\sim 2t_0$ 、 $2t_0\sim 3t_0$ 、 $3t_0\sim 4t_0$ 的感应电流的方向，感应电动势的大小如何变化， $2t_0\sim 4t_0$ 流过圆环横截面的电荷量。

32、感生电动势、导体棒切割模型（单棒切割）（以及电路、冲量等）

如图甲所示，在水平面上固定宽为 $L=1\,\mathrm{m}$、足够长的光滑平行金属导轨，左端接有 $R=0.6\,\Omega$ 的定值电阻，距导轨左端 $d=2.5\,\mathrm{m}$ 处，垂直导轨放置阻值 $r=0.4\,\Omega$、质量 $m=2\,\mathrm{kg}$ 的导体棒 ab，其余部分电阻不计。磁场垂直于导轨所在平面向里，磁感应强度随时间变化的规律如图乙所示。第 1 s 内导体棒在拉力 F 作用下始终处于静止状态。1 s 后，拉力 F 保持与第 1 s 末相同，导体棒从静止直至刚好达到最大速度的过程中，拉力做功为 $W=16\,\mathrm{J}$。求：



甲



乙

（1）0～1 s 内，感应电流的方向和感应电动势的大小；

（2）第 1 s 末，安培力的方向和大小，拉力 F 的方向和大小；

（3）从第 1s 末导体棒开始运动直至刚好达到最大速度的过程中，求：

①描述导体棒的运动形式，并定性画出 v-t 图像；

②导体棒的最大速度 v_{m}；

③导体棒速度等于 $\frac{v_{\mathrm{m}}}{2}$ 时刻，导体棒的加速度大小；

④速度最大时，a、b 两点间的电势差；

⑤电阻 R 上产生的焦耳热；

⑥安培力对导体棒做的功；

⑦通过电阻 r 的电荷量；

⑧安培力产生冲量的方向和大小；

⑨导体棒运动的时间。

（4）导体棒达到最大速度后，撤去拉力 F，在此之后，求：

①描述导体棒的运动形式，并定性画出 v-t 图像；

②电阻 R 上产生的焦耳热；

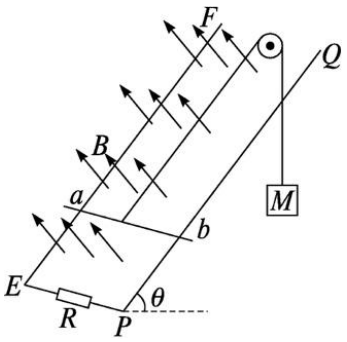
③安培力对导体棒做的功；

④通过电阻 r 的电荷量；

⑤导体棒运动的距离。

33、导体棒切割模型（单棒切割）（以及机械能、摩擦生热等）

如图所示，足够长金属导轨 EF、PQ 倾角为 θ=53°，轨道间距 L=1 m，底部接入一阻值为 R=0.4 Ω 的定值电阻，上端开口。垂直斜面向上的匀强磁场的磁感应强度 B=2 T。一质量为 m=1.0 kg 的金属棒 ab 与导轨接触良好，ab 与导轨间的动摩擦因数 μ=0.5，ab 在导轨间的电阻 r=0.1 Ω，电路中其余电阻不计。现用一质量为 M=2.7 kg 的物块通过一不可伸长的轻质细绳绕过光滑的定滑轮与 ab 相连。由静止释放物块，当物块下落高度 h=2.4 m 时，ab 开始匀速运动（运动中 ab 始终垂直导轨，并接触良好）。不计空气阻力，sin 53°=0.8，cos 53°=0.6，g 取 10 m/s^2。求从开始运动到匀速的过程中：



（1）流过电阻 R 的电流方向；

（2）描述 ab 棒沿斜面向上的运动形式，并定性画出 v-t 图；

（3）细绳上的拉力大小怎样变化；

（4）ab 棒沿斜面向上运动的最大速度 v_m；

（5）ab 棒速度等于 1.815 m/s 时刻，导体棒的加速度大小，以及细绳上的拉力大小；

（6）系统机械能的改变量；

（7）由于摩擦而产生的热量；

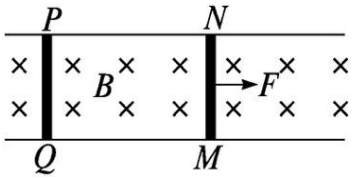
（8）电阻 R 上产生的焦耳热；

（9）通过电阻 R 的电荷量；

（10）安培力做的功和产生的冲量。

34、导体棒切割模型（单棒切割、双棒切割、机车启动等）

如图所示，空间存在竖直向下的匀强磁场，磁感应强度 B=0.5 T。在匀强磁场区域内，有一对光滑平行金属导轨，处于同一水平面内，导轨足够长，导轨间距 L=1 m，电阻忽略不计。质量均为 m=1 kg、电阻均为 R=2.5 Ω 的金属导体棒 MN 和 PQ 垂直放置于导轨上，且与导轨接触良好。先将 PQ 暂时锁定，导体棒 MN 在垂直于棒的水平拉力 F 作用下，由静止开始以加速度 a=0.4 m/s^2 向右做匀加速直线运动，5 s 后保持拉力 F 的功率不变，直到导体棒 MN 以最大速度 v_m 做匀速直线运动，求：



（1）导体棒 MN 从开始运动直到达到最大速度的过程中，求：

①匀加速直线运动结束时刻导体棒 MN 的速度大小，以及该时刻导体棒 MN 受到的安培力和拉力 F 的大小；

②保持拉力 F 的功率不变时，该功率是多少；

③求导体棒 MN 的最大速度 v_m，并定性画出导体棒 MN 的 v-t 图像。

（2）当导体棒 MN 达到最大速度时，撤去拉力 F，从最大速度时刻直到停下来的过程中，求：

①导体棒 MN 速度等于 $\frac{v_m}{2}$ 时刻，加速度大小；

②导体棒 MN 产生的焦耳热；

③通过导体棒 MN 的电荷量；

④导体棒 MN 的位移大小。

（3）当导体棒 MN 达到最大速度时，解除导体棒 PQ 的锁定，同时撤去拉力 F，在此之后，求：

①二者分别做什么运动，在同一幅 v-t 图中定性画出二者的图像；

②导体棒 MN 产生的焦耳热；

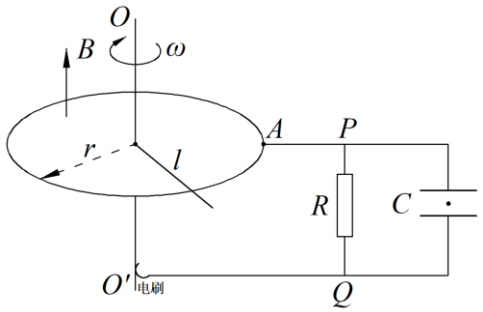
③安培力分别对导体棒 MN 和导体棒 PQ 做的功；

④流过导体棒 MN 的电荷量；

⑤导体棒 MN 和 PQ 的位移之差。

35、导体棒切割模型（转动切割）（以及电路、电容器等）

如图所示，固定在水平面上的半径为 r 的金属圆环内存在方向竖直向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。长为 l 的金属棒，一端与圆环接触良好，另一端固定在竖直导电转轴 OO' 上，随轴以角速度 ω 匀速转动（从上向下看沿顺时针方向），其有效电阻为 $2R$。在圆环的 A 点和电刷间接有阻值为 R 的电阻和电容为 C、板间距为 d 的平行板电容器，有一带电微粒在电容器极板间处于静止状态。已知重力加速度为 g，不计其它电阻和摩擦，求：



（1）电阻 R 上的电流方向；

（2）导体棒产生的感应电动势的大小，以及 A 和 O' 两点之间的电势差；

（3）电阻 R 消耗的电功率；

（4）微粒带正电还是负电，微粒的比荷；

（5）电容器所带的电荷量；

（6）上移上极板，电容器所带的电荷量如何变化，微粒向哪个方向运动；

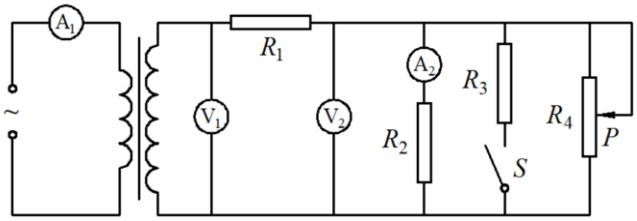
（7）若圆环粗细均匀，阻值为 $4R$，不考虑带电微粒的运动，求：

①电阻 R 消耗功率的最大值和最小值；

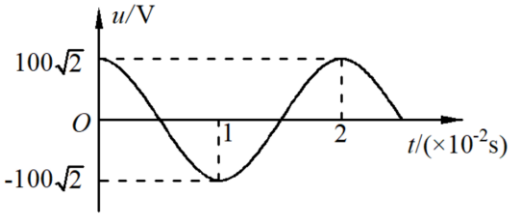
②电阻 R 和圆环消耗功率之和的最大值。

36、正弦式交流电和变压器

理想变压器原线圈接在交流电源上，发电机产生的交变电压 u 随时间 t 变化的图像如图乙所示，变压器原、副线圈的匝数比为 $10:22$。开关 S 处于断开状态。求：



甲



乙

（1）发电机线圈转动的角速度和频率；

（2）$t=0.01$ s 时，发电机线圈平面和磁场方向平行还是垂直；

（3）电压表 V_1 示数是多少；

（4）当滑动变阻器的滑片 P 向上滑动时，R_1 消耗的功率如何变化；

（5）当滑动变阻器的滑片 P 向上滑动时，电压表 V_1 和 V_2 示数如何变化；

（6）当滑动变阻器的滑片 P 向上滑动时，电流表 A_1 和 A_2 示数如何变化；

（7）若闭合开关 S，R_1 消耗的功率、电压表 V_1 和 V_2 示数、电流表 A_1 和 A_2 示数如何变化。