2017 年 11 月浙江

1. 下列物理量中属于矢量的是（D）

A. 速率　　B. 电势　　C. 电流　　D. 位移

> 矢量既有大小、又有方向，且运算遵从平行四边形定则，而标量只有大小、没有方向，运算遵从代数运算法则。瞬时速度的大小称之为速率，是标量，故 A 错误；电势是只有大小没有方向的标量，故 B 错误；电流虽有方向，但其方向只表示正、负，且运算遵从代数运算法则，是标量，故 C 错误；位移是既有大小又有方向的矢量，故 D 正确。

2. 在国际单位制中，属于基本量及基本单位的是（A）

A. 质量，千克　　B. 能量，焦耳　　C. 电阻，欧姆　　D. 电量，库仑

> 国际单位制中基本物理量有：质量、长度、时间、电流、发光强度、热力学温度、物质的量，其基本单位分别为千克 kg、米 m、秒 s、安培 A、坎德拉 cd、开尔文 K、摩尔 mol，故 A 正确。

3. 获得 2017 年诺贝尔物理学奖的成果是（D）

A. 牛顿发现了万有引力定律　　B. 卡文迪许测定了引力常量

C. 爱因斯坦预言了引力波　　D. 雷纳 · 韦斯等探测到了引力波

> 2017 年最热门的物理学发现是引力波，故 D 正确。

4. 如图所示，两位同学从滑道最高端的同一位置先后滑下，到达底端的同一位置，对于整个下滑过程，两同学的（A）

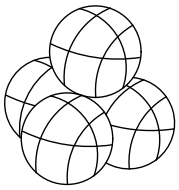


A. 位移一定相同　　B. 时间一定相同

C. 末速度一定相同　　D. 平均速度一定相同

> 两位同学初、末位置相同，即两位同学位置的变化是一样的，故两位同学的位移相同，故 A 正确；两位同学滑下来的时间不一定相同，在轨道上所受的摩擦力也不一定相同，故两位同学的末速度、平均速度不一定相同，故 BCD 错误。

5. 叠放在水平地面上的四个完全相同的排球如图所示，质量均为 m，相互接触，球与地面间的动摩擦因数均为 μ，则 (C)

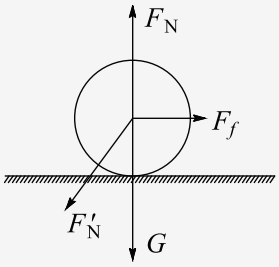


A. 上方球与下方 3 个球间均没有弹力

B. 下方三个球与水平地面间均没有摩擦力

C. 水平地面对下方三个球的支持力均为 $\frac{4}{3}mg$

D. 水平地面对下方三个球的摩擦力均为 $\frac{4}{3}\mu mg$

> 将四个球看作一个整体，地面的支持力与球重力之和平衡，设其中一个球受的支持力大小为 F_N，因此 $3F_N = 4mg$，即 $F_N = \frac{4}{3}mg$，故 C 正确；经受力分析，最上面的球对下面三个球肯定有弹力作用，故 A 错误；对地面上的其中一个球受力分析，如图所示，可知球受到的摩擦力是地面的静摩擦力，因此不能通过 $F_f = \mu F_N$ 求解，故 BD 错误。
>
> 
>

6. 电场线的形状可以用实验来模拟，把头发屑悬浮在蓖麻油里，加上电场，头发屑就按照电场的方向排列起来，如图所示，关于此实验，下列说法正确的是 (C)

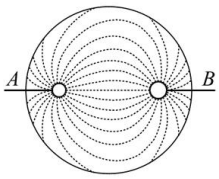


图 a

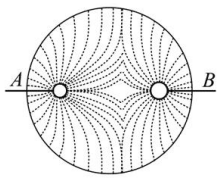


图 b

A. 图 a 是模拟两等量同种电荷的电场线

B. 图 b 一定是模拟两等量正电荷的电场线

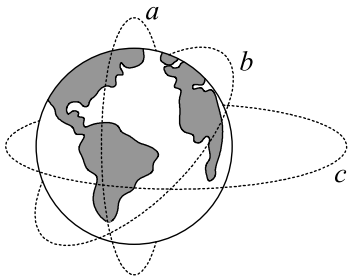
C. 图 a 中 A、B 应接高压起电装置的两极

D. 图 b 中 A、B 应接高压起电装置的两极

> 图 a 为模拟异种电荷形成的电场线，但无法分辨是否为等量异种电荷形成的电场线分布；图 b 为同种电荷，但也无法分辨是否为等量正电荷形成的电场线分布；图 a 中

> A、B 相吸引，图 b 中 A、B 相排斥，故图 a 中 A、B 接的是高压起电装置的两极，故 C 正确。

7. 如图所示是小明同学画的人造卫星轨道的示意图，则卫星（D）



A. 在 a 轨道运动的周期为 24 h

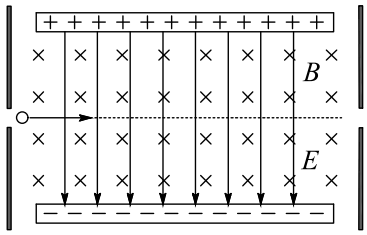
B. 在 b 轨道运动的速度始终不变

C. 在 c 轨道运行的速度大小始终不变

D. 在 c 轨道运行时受到的地球引力大小是变化的

> 同步卫星必须在赤道正上空 36000 km 处，所以 a 轨道不可能是同步轨道，故 A 错误；b 轨道上的卫星的速度方向不断变化，即速度在变，故 B 错误；地球在 c 轨道的其中一个焦点上，因此在近地点卫星速度快，远地点速度慢，故 C 错误；在 c 轨道上，卫星离地球的距离在变化，由 $F = G\frac{Mm}{r^2}$ 可知卫星受地球的引力大小不断变化，故 D 正确。

8. 如图所示，在两水平金属板构成的器件中，存在着匀强电场与匀强磁场，电场强度 E 和磁感应强度 B 相互垂直，以某一水平速度进入的不计重力的带电粒子恰好能沿直线运动，下列说法正确的是（C）



A. 粒子一定带负电

B. 粒子的速度大小 $v = \frac{B}{E}$

C. 若粒子速度大小改变，粒子将做曲线运动

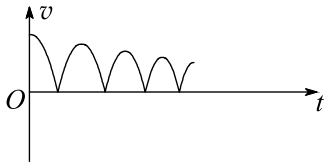
D. 若粒子速度大小改变，电场对粒子的作用力会发生改变

> 粒子做直线运动，说明竖直方向受力平衡，即 $qvB = qE$，得 $v = \frac{E}{B}$，故 B 错误；假设粒子带正电荷，则洛伦兹力竖直向上，电场力竖直向下，若粒子带负电，则二力方

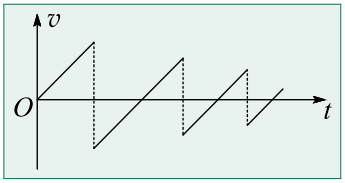
向相反，只要满足 $v=\frac{E}{B}$ 依然可以满足题意，故 A 错误；粒子速度变大或变小，都会导致洛伦兹力变化，因此粒子会做曲线运动，故 C 正确；不管粒子速度怎么变，只要粒子所带电量不变，在匀强电场中，粒子受到的电场力不变，故 D 错误。

9. 杂技运动员在训练时的照片如图所示，有一小球自由落下，落到水平桌面后反弹，如此数次落下和反弹。若规定竖直向下为正方向，碰撞时间不计，空气阻力不计，则下列 $v-t$ 图像中正确的是（B）

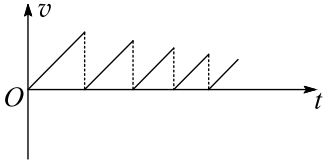




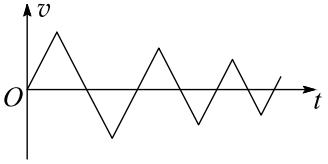
A.



B.



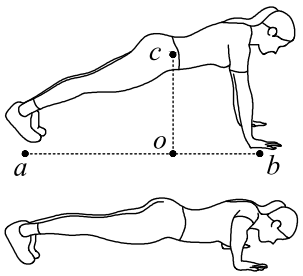
C.



D.

小球先向下做自由落体运动，碰到桌面反弹起来，所以速度先是正值，后变为负值，且小球在弹起来时速度大小变化很小，仅改变方向，故 B 正确。

10. 如图所示，质量为 60 kg 的某运动员在做俯卧撑运动，运动过程中可将她的身体视为一根直棒，已知重心在 c 点，其垂线与脚、两手连线中点间的距离 oa、ob 分别为 0.9 m 和 0.6 m，若她在 1 min 内做了 30 个俯卧撑，每次肩部上升的距离均为 0.4 m，则克服重力做功和相应的功率为（B）



A. 430 J，7 W　　B. 4300 J，70 W　　C. 720 J，12 W　　D. 7200 J，120 W

由相似三角形知，每次运动员做俯卧撑中，重心变化的高度 $\frac{h}{0.4}=\frac{0.9}{0.9+0.6}$，即 $h=0.24\,\mathrm{m}$。一次俯卧撑中，克服重力做的功为 $W=mgh=60\times10\times0.24\,\mathrm{J}=144\,\mathrm{J}$，所以一分钟内克服重力做功总共 $W_{总}=NW=4320\,\mathrm{J}$，功率 $P=\frac{W_{总}}{t}=72\,\mathrm{W}$，故 B 正确。

11. 如图所示，照片中的汽车在水平路面上做匀速圆周运动，已知图中双向四车道的总宽度约为 15 m，假设汽车受到的最大静摩擦力等于车重的 0.7 倍，则运动的汽车（C）



A. 所受的合力可能为零

B. 只受重力和地面的支持力作用

C. 最大速度不能超过 25 m/s

D. 所需的向心力由重力和支持力的合力提供

汽车在水平面上做匀速圆周运动，合外力时刻指向圆心，即汽车所受的合外力不为 0；拐弯时由静摩擦力提供向心力，因此排除选项 ABD，故 C 正确。

12. 小明同学家里部分电器的消耗功率及每天工作时间如表所示，则这些电器一天消耗的电能约为（D）

电器	消耗功率/W	工作时间/h
电茶壶	2000	1
空调	1200	3
电视机	100	2
节能灯	16	4
路由器	9	24

A. $6.1\times10^3\,\mathrm{W}$　　B. $6.1\times10^3\,\mathrm{J}$　　C. $2.2\times10^4\,\mathrm{W}$　　D. $2.2\times10^7\,\mathrm{J}$

用电器消耗的电能 $W=Pt$，则由表中数据，每天消耗的电能为 $W=2\,\mathrm{kW}\times1\,\mathrm{h}+1.2\,\mathrm{kW}\times3\,\mathrm{h}+0.1\,\mathrm{kW}\times2\,\mathrm{h}+0.016\,\mathrm{kW}\times4\,\mathrm{h}+0.009\,\mathrm{kW}\times24\,\mathrm{h}=6.08\,\mathrm{kW\cdot h}\approx2.2\times10^7\,\mathrm{J}$，

故 D 正确。

13. 如图所示是具有登高平台的消防车，具有一定质量的伸缩臂能够在 5 min 内使承载 4 人的登高平台（人连同平台的总质量为 400 kg）上升 60 m 到达灭火位置，此后，在登高平台上的消防员用水炮灭火，已知水炮的出水量为 3 m^3/min，水离开炮口时的速率为 20 m/s，则用于（B）



A. 水炮工作的发动机输出功率约为 1×10^4 W

B. 水炮工作的发动机输出功率约为 4×10^4 W

C. 水炮工作的发动机输出功率约为 2.4×10^6 W

D. 伸缩臂抬升登高平台的发动机输出功率约为 800 W

伸缩臂抬升登高平台的发动机输出功率为设备升高克服重力的功率，即 $P=\frac{W}{t}$，由于伸缩臂也要升高，但其质量未知，故不能计算抬升登高平台的发动机的功率，故 D 错误；在一秒钟内，喷出去水的质量为 $m=\rho V=10^3\times\frac{1}{20}\,\text{kg}=50\,\text{kg}$，喷出去水的重力势能为 $W_G=mgh=50\times10\times60\,\text{J}=3\times10^4\,\text{J}$，水的动能为 $\frac{1}{2}mv^2=1\times10^4\,\text{J}$，所以一秒钟内水增加的能量为 4×10^4 J，即水炮工作的发动机功率约为 4×10^4 W，故 B 正确，AC 错误。

14. 下列说法正确的是（BD）

A. 核聚变反应方程可能为 ${}_1^2\text{H}+{}_1^3\text{H}\longrightarrow{}_2^4\text{He}+2\,{}_0^1\text{n}$

B. 铀核裂变的核反应方程可能为 ${}_{92}^{235}\text{U}+{}_0^1\text{n}\longrightarrow{}_{54}^{140}\text{Xe}+{}_{38}^{94}\text{Sr}+2\,{}_0^1\text{n}$

C. 发生 β 衰变时原子核发出电子，说明电子是原子核的组成部分

D. 中子和质子结合成氘核，若该过程质量亏损为 Δm，则氘核的结合能为 Δmc^2

选项 A 的核反应方程应为 ${}_1^2\text{H}+{}_1^3\text{H}\longrightarrow{}_2^4\text{He}+{}_0^1\text{n}$，故 A 错误；由核反应前后质量数、质子数守恒可知，选项 B 正确；β 衰变是原子核内部中子衰变为质子并释放出高速电子，电子并不是原子核的组成部分，故 C 错误；由质能方程可知，选项 D 正确。

15. a、b 是两种单色光，其光子能量分别为 ε_a 和 ε_b，且 $\frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_b}=k$，（BC）

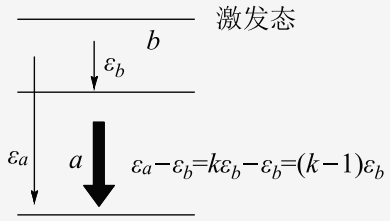
A. 则 a、b 的光子动量之比 $\frac{p_a}{p_b}=1:k$

B. 若 a、b 入射到同一双缝干涉装置上，则相邻亮条纹的间距之比 $\frac{\Delta x_a}{\Delta x_b}=1:k$

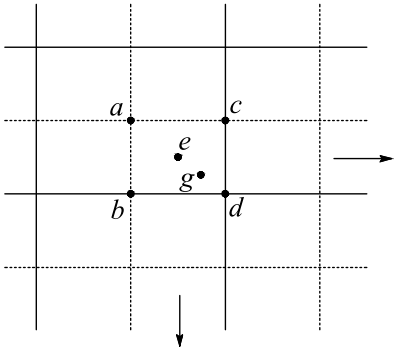
C. 若 a、b 都能使某种金属发生光电效应，则光电子最大初动能之差 $E_{ka}-E_{kb}=\varepsilon_b(k-1)$

D. 若 a、b 是由处于同一激发态的原子跃迁到 a 态和 b 态时产生的，则 a、b 两态能级之差 $E_a-E_b=\varepsilon_b(k-1)$

由德布罗意方程 $\lambda=\frac{h}{p}$ 以及光子的能量 $\varepsilon=h\frac{c}{\lambda}$，联立方程 $p=\frac{\varepsilon}{c}$，所以 $\frac{p_a}{p_b}=\frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_b}=k$，故 A 错误；$\Delta x=\frac{L\lambda}{d}=\frac{Lhc}{d\varepsilon}$，故 B 正确；光电子最大初动能 $E_k=\varepsilon-W_0$，因此 $E_{ka}-E_{kb}=(k-1)\varepsilon_b$，故 C 正确；能级跃迁如图所示，$E_a-E_b=\varepsilon_b-\varepsilon_a=\varepsilon_b(1-k)$，故 D 错误。



16. 有两列频率相同、振动方向相同、振幅均为 A、传播方向互相垂直的平面波相遇发生干涉。如图所示，图中实线表示波峰，虚线表示波谷，a 为波谷与波谷相遇点，b、c 为波峰与波谷相遇点，d 为波峰与波峰相遇点，e、g 是 a、d 连线上的两点，其中 e 为连线的中点，则 (ABC)



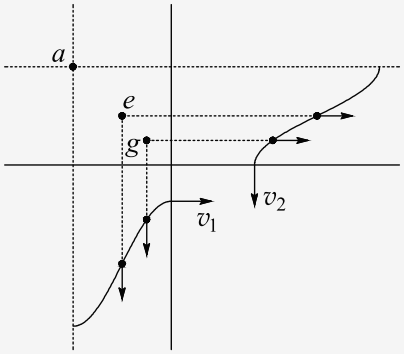
A. a、d 处的质点振动加强，b、c 处的质点振动减弱

B. 从图示时刻经过半个周期，e 处的质点通过的路程为 $4A$

C. 从图示时刻经过半个周期，g 处的质点加速向平衡位置运动

D. 从图示时刻经过四分之一周期，d 处的质点振幅恰好为零

由题意可知两列波满足发生干涉的条件，a、d 两点分别为波谷与波谷叠加和波峰与波峰叠加，属于振动加强点，而 b、c 两点为波峰与波谷叠加，属于振动减弱点，故 A 正确；此刻传播的机械波，对应的 e、g 两点分别在两列波中的位置以及振动情况如图，经过半个周期后，e 点的路程为全振动路程的一半，故 B 正确；经半个周期后，由图中可以看出 g 点的合运动为向下加速靠近平衡位置，故 C 正确；在机械波中质点振动的振幅为偏离平衡位置的最大距离，是一定值，不会发生变化，所以 d 点的振幅为 $2A$，故 D 错误。



17. 在做“探究加速度与力、质量的关系”实验中，

(1) 下列仪器需要用到的是 AD（多选）；



A.



B.



C.



D.

(2) 下列说法正确的是 BD（多选）；

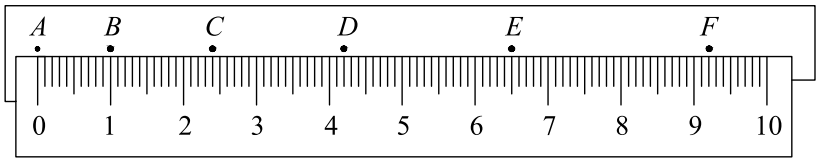
（A）先释放纸带再接通电源

（B）拉小车的细线应尽可能与长木板平行

（C）纸带与小车相连端的点迹较疏

（D）轻推小车，拖着纸带的小车能够匀速下滑说明摩擦力已被平衡

(3) 如图所示是实验时打出的一条纸带，A、B、C、D……为每隔 4 个点取的计数点，据此纸带可知小车在 D 点速度大小为 0.21 m/s（小数点后保留两位）。



(1) AD (2) BD (3) 0.21

（1）本实验通过分析打点纸带上点的分布求物体的加速度，需要通过改变小车质量，利用控制变量法研究加速度、质量、合外力之间的关系，所以选择仪器 AD。

（2）实验时应先打开打点计时器电源，后释放小车，为了保证绳子拉力不用分解，绳子要与木板平行，故 A 错误 B 正确；小车释放前应尽量靠近打点计时器，以保证点足够多，便于分析小车加速度，且初始的小车的速度较小，所以纸带与小车相连端点迹密，故 C 错误；本实验需要平衡摩擦力，在小车质量远大于钩码质量时，能将钩

码重力近似当作小车合外力，故 D 正确。

（3）$t = 5T = 0.1\,\mathrm{s}$，则 $v_D = \frac{x_{CE}}{2t} = 0.205\,\mathrm{m/s}$，保留小数点后两位，所以答案为 $0.21\,\mathrm{m/s}$。

18. 小明同学在测定一节干电池的电动势和内阻的实验时，为防止电流过大而损坏器材，电路中加了一个保护电阻 R_0，根据如图 1 所示电路图进行实验时，

(1) 电流表量程应选择 0.6 A（填“0.6 A”或“3 A”），保护电阻应选用 B（填“A”或“B”）；

（A）定值电阻（阻值 10.0 Ω，额定功率 10 W）

（B）定值电阻（阻值 2.0 Ω，额定功率 5 W）

(2) 在一次测量中电压表的指针位置如图 2 所示，则此时电压为 1.21 V；

(3) 根据实验测得的 5 组数据画出的 $U-I$ 图线如图 3 所示，则干电池的电动势 $E=$ 1.45 V，内阻 $r=$ 0.50 Ω（小数点后保留两位）。

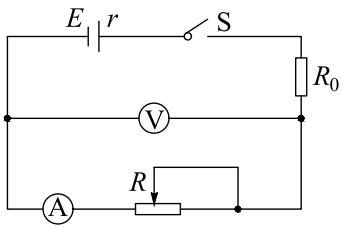


图 1

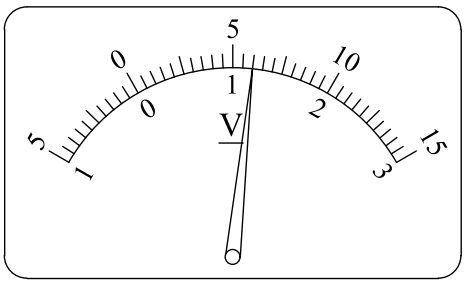


图 2

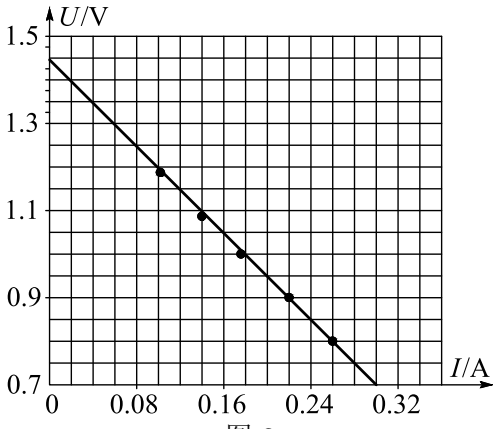


图 3

(1) 0.6 A；B　(2) 1.21　(3) 1.45；0.50

（1）通过图 3 的 $U-I$ 图象可知，电流表选择 0.6 A 即可。而电路中的电流最大时 $I=\frac{E}{R_0}=0.6\,\mathrm{A}$，可求得保护电阻 $R_0=2.5\,\Omega$，若选择 10 Ω 的定值电阻，则短路电流不足以满足偏转量程的 $\frac{1}{3}$，因此选择 B 比较合理。

（2）根据读数方法可知电压表读数约 1.21 V。

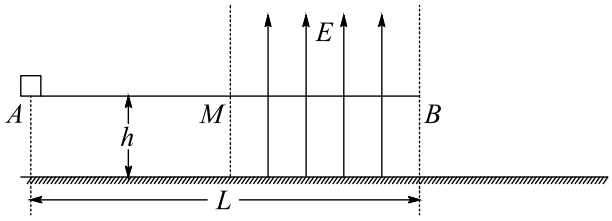
（3）实验中，保护电阻可以看作电源内阻一部分，所以通过图象可知 $E = 1.45\,\mathrm{V}$，$r + R_0 = \frac{1.45-0.70}{0.30}\,\Omega = 2.5\,\Omega$，所以内阻 $r = 0.5\,\Omega$。

19. 如图所示，AMB 是一条长 $L = 10\,\mathrm{m}$ 的绝缘水平轨道，固定在离水平地面高 $h = 1.25\,\mathrm{m}$ 处，A、B 为端点，M 为中点，轨道 MB 处在方向竖直向上、大小 $E = 5 \times 10^3\,\mathrm{N/C}$ 的匀强电场中，一质量 $m = 0.1\,\mathrm{kg}$，电荷量 $q = +1.3 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$ 的可视为质点的滑块以初速度 $v_0 = 6\,\mathrm{m/s}$ 在轨道上自 A 点开始向右运动，经 M 点进入电场，从 B 点离开电场，已知滑块与轨道间动摩擦因数 $\mu = 0.2$，求滑块

(1) 到达 M 点时的速度大小；

(2) 从 M 点运动到 B 点所用的时间；

(3) 落地点距 B 点的水平距离。



(1) $4\,\mathrm{m/s}$ (2) $\frac{10}{7}\,\mathrm{s}$ (3) $1.5\,\mathrm{m}$

（1）滑块在 AM 段的加速度为 a_1，由牛顿第二定律得

$a_1 = \frac{F_f}{m} = \frac{\mu mg}{m} = 2\,\mathrm{m/s^2}$，

由运动学公式得

$v_M^2 - v_A^2 = 2(-a_1)\frac{L}{2}$，解得 $v_M = 4\,\mathrm{m/s}$。

（2）滑块在 MB 段的加速度为 a_2，由牛顿第二定律得

$a_2 = \frac{\mu(mg-qE)}{m} = 0.7\,\mathrm{m/s^2}$，

由运动学公式得

$\frac{L}{2} = v_M t_1 - \frac{1}{2}a_2 t_1^2$，解得 $t_1 = \frac{10}{7}\,\mathrm{s}$。

（3）滑块下落时间为 $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.5\,\mathrm{s}$，

由运动学公式得

$v_B = v_M - a_2 t_1 = 3\,\mathrm{m/s}$，

$x = v_B t_2 = 1.5\,\mathrm{m}$。

20. 如图 1 所示是游乐园的过山车，其局部可简化为如图 2 所示的示意图，倾角 $\theta = 37°$ 的两平行倾斜轨道 BC、DE 的下端与水平半圆形轨道 CD 顺滑连接，倾斜轨道 BC 的 B

端高度 $h=24\,\mathrm{m}$，倾斜轨道 DE 与圆弧 EF 相切于 E 点，圆弧 EF 的圆心 O_1、水平半圆轨道 CD 的圆心 O_2 与 A 点在同一水平面上，DO_1 的距离 $L=20\,\mathrm{m}$，质量 $m=1000\,\mathrm{kg}$ 的过山车（包括乘客）从 B 点自静止滑下，经过水平半圆轨道后，滑上另一倾斜轨道，到达圆弧顶端 F 时乘客对座椅的压力为自身重力的 0.25 倍。已知过山车在 BCDE 段运动时所受的摩擦力与轨道对过山车的支持力成正比，比例系数 $\mu=\frac{1}{32}$，EF 段摩擦力不计，整个运动过程空气阻力不计。（$\sin 37^\circ=0.6$，$\cos 37^\circ=0.8$）

(1) 求过山车过 F 点时的速度大小；

(2) 求从 B 到 F 整个运动过程中摩擦力对过山车做的功；

(3) 如图过 D 点时发现圆轨道 EF 段有故障，为保证乘客的安全，立即触发制动装置，使过山车不能到达 EF 段并保证不再下滑，则过山车受到的摩擦力至少多大？



图 1

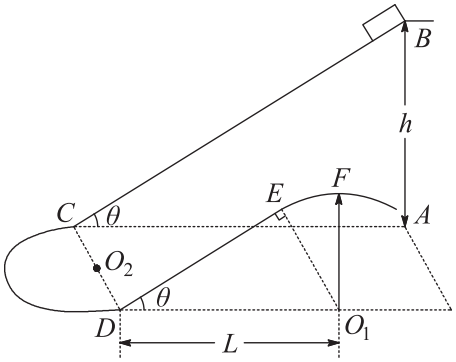


图 2

(1) $3\sqrt{10}\,\mathrm{m/s}$　(2) $W=-7.5\times10^4\,\mathrm{J}$　(3) $6\times10^3\,\mathrm{N}$

（1）过山车在 F 点，由牛顿第二定律得

$mg-\frac{1}{4}m_{人}g=m\frac{v_F^2}{r}$ ①，

又 $r=L\sin\theta=12\,\mathrm{m}$ ②，

联立①②解得 $v_F=\sqrt{\frac{3}{4}gr}=3\sqrt{10}\,\mathrm{m/s}$ ③。

（2）设整个过程摩擦阻力做功为 W，对 B 到 F 的过程，由动能定理得

$mg(h-r)+W=\frac{1}{2}mv_F^2-0$ ④，

解得 $W=-7.5\times10^4\,\mathrm{J}$ ⑤。

（3）触发制动后能恰好到达 E 点对应的摩擦力为 F_{f1}，由动能定理得

$-F_{f1}L\cos\theta-mgr\cos\theta=0-\frac{1}{2}mv_D^2$ ⑥，

未触发制动时，对 D 点到 F 点的过程，由动能定理得

$-\mu mg\cos\theta\cdot L\cos\theta-mgr=\frac{1}{2}mv_F^2-\frac{1}{2}mv_D^2$ ⑦，

由⑥⑦两式得 $F_{f1}=\frac{73}{16}\times10^3\,\mathrm{N}=4562.5\,\mathrm{N}$ ⑧，

要使过山车停在倾斜轨道上的摩擦力为 F_{f2}，由受力分析得

$F_{f2}=mg\sin\theta=6\times10^3\,\mathrm{N}$ ⑨，

综合考虑⑧⑨两式，得 $F_{fm}=6\times10^3\,\mathrm{N}$。

21. 在“测定玻璃的折射率”实验时

(1) 下列说法正确的是 C；

（A）入射角越大，误差越小

（B）在白纸上放好玻璃砖后，用铅笔贴着光学面画出界面

（C）实验时既可用量角器，也可用圆规和直尺等工具进行测量

（D）判断像与针是否在同一直线时，应该观察大头针的头部

(2) 小明同学在插针时玻璃砖的位置如图 1 所示。根据插针与纸上已画的界面确定入射点与出射点，依据上述操作所测得的折射率 偏小（填“偏大”、“偏小”或“不变”）；

(3) 小明同学经正确操作后，在纸上留下四枚大头针的位置 P_1、P_2、P_3、P_4，AB 和 CD 是描出的玻璃砖的两个边，如图 2 所示，请在答题纸上画出光路图。

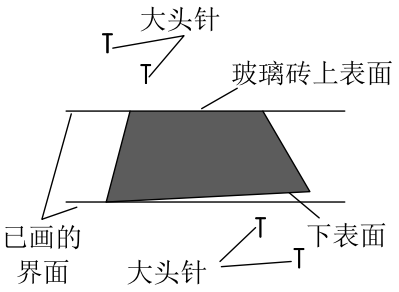


图 1

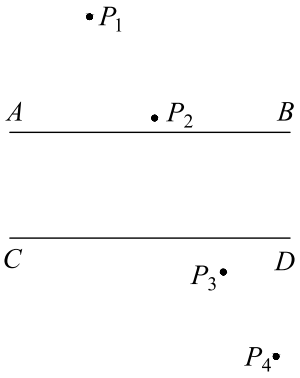
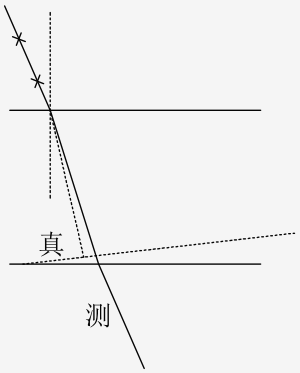


图 2

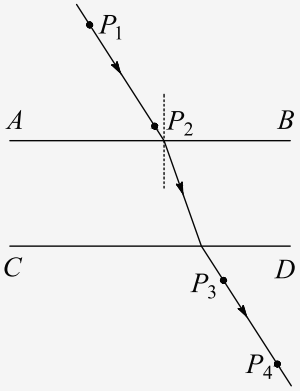
(1) C (2) 偏小 (3) 光路图如解析图所示

（1）本实验在用插针法时，入射角度不宜过大，否则很难确定折射角，故 A 错误；在实验前，首先应该确定玻璃砖上表面，用铅笔在纸面上画一直线，然后确定下表面，故 B 错误；本实验通过 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 测量折射率，也可以通过画出两个半径一样的圆，通过 $\sin\theta=\frac{x_1}{r}$ 将角度之比转化为角度对边之比，故 C 正确；在观察像与针是否在一条直线时，应该观察大头针底部，故 D 错误。

（2）玻璃砖上表面水平，下表面向上倾斜，作出光路图如图，由图可知利用 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 计算时，测量角度偏大，导致测量折射率偏小。



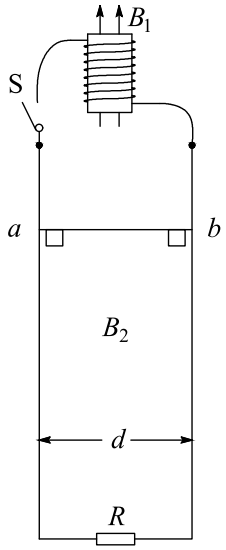
（3）光路图如图所示。



22. 如图所示，匝数 $N=100$、截面积 $S=1.0\times10^{-2}\,\mathrm{m}^2$、电阻 $r=0.15\,\Omega$ 的线圈内有方向垂直于线圈平面向上的随时间均匀增加的匀强磁场 B_1，其变化率 $k=0.80\,\mathrm{T/s}$。线圈通过开关 S 连接两根相互平行、间距 $d=0.20\,\mathrm{m}$ 的竖直导轨，下端连接阻值 $R=0.50\,\Omega$ 的电阻。一根阻值也为 $0.50\,\Omega$、质量 $m=1.0\times10^{-2}\,\mathrm{kg}$ 的导体棒 ab 搁置在等高的挡条上。在竖直导轨间的区域仅有垂直纸面的不随时间变化的匀强磁场 B_2。接通开关 S 后，棒对挡条的压力恰好为零。假设棒始终与导轨垂直，且与导轨接触良好，不计摩擦阻力和导轨电阻。

(1) 求磁感应强度 B_2 的大小，并指出磁场方向；

(2) 断开开关 S 后撤去挡条，棒开始下滑，经 $t=0.25\,\mathrm{s}$ 后下降了 $h=0.29\,\mathrm{m}$，求此过程棒上产生的热量。



(1) 0.50 T，垂直纸面向外　(2) 2.3×10^{-3} J

（1）由法拉第电磁感应定律得，线圈产生的感应电动势为

$E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=NS\frac{\Delta B_1}{\Delta t}=NSk$，

流过导体棒的电流为

$I_{ab}=\frac{E}{2\left(r+\frac{R}{2}\right)}$，

导体棒对挡条的压力为零，由平衡条件得

$B_2I_{ab}d=mg$ 或 $B_2=\frac{mg(R+2r)}{Ed}$，

联立解得 $B_2=0.50\,\mathrm{T}$，方向垂直纸面向外。

（2）棒下滑的过程中，由动量定理得

$(mg-\bar{I}B_2d)t=mv$ 或 $mgt-B_2d\Delta q=mv$，

又 $\Delta q=\bar{I}t=\frac{dhB_2}{2R}$，

联立解得 $v=gt-\frac{hB_2^2d^2}{2Rm}$，

由功能关系知，ab 棒产生的热量为

$Q=\frac{1}{2}\left(mgh-\frac{1}{2}mv^2\right)$，

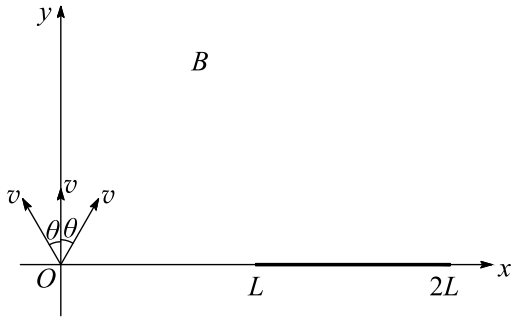
代入解得 $Q=2.3\times10^{-3}\,\mathrm{J}$。

23. 如图所示，x 轴上方存在垂直纸面向外的匀强磁场，坐标原点处有一正离子源，单位时间在 xOy 平面内发射 n_0 个速率为 v 的离子，分布在 y 轴两侧各为 θ 的范围内。在 x 轴上放置长度为 L 的离子收集板，其右端点距坐标原点的距离为 $2L$，当磁感应强度为 B_0 时，沿 y 轴正方向入射的离子，恰好打在收集板的右端点。整个装置处于真空中，不计重力，不考虑离子间的碰撞，忽略离子间的相互作用。

(1) 求离子的比荷 $\frac{q}{m}$；

(2) 若发射的离子被收集板全部收集，求 θ 的最大值；

(3) 假设离子到达 x 轴时沿 x 轴均匀分布。当 $\theta = 37°$，磁感应强度在 $B_0 \le B \le 3B_0$ 的区间取不同值时，求单位时间内收集板收集到的离子数 n 与磁感应强度 B 之间的关系（不计离子在磁场中运动的时间）。



(1) $\frac{v}{B_0 L}$　(2) $\frac{\pi}{3}$　(3) $B_0 \le B \le 1.6B_0$ 时，$n_1 = n_0$；$1.6B_0 < B \le 2B_0$ 时，$n_2 = n_0\left(5 - \frac{5B}{2B_0}\right)$；$2B_0 < B \le 3B_0$ 时，$n_3 = 0$。

（1）由洛伦兹力提供向心力得

$qvB_0 = m\frac{v^2}{R}$，

又圆周运动的半径为

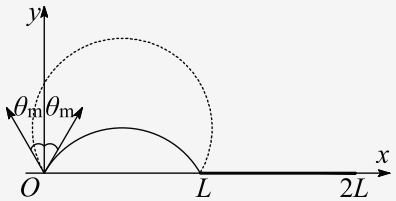
$R = L$，

联立解得 $\frac{q}{m} = \frac{v}{B_0 L}$。

（2）如图 甲 所示，以最大值 θ_m 入射时，由几何关系得

$\Delta x = 2R(1 - \cos\theta_m) = L$ 或 $2R\cos\theta_m = L$，

解得 $\theta_m = \frac{\pi}{3}$。



甲

（3）当 $B > B_0$ 时，全部收集到离子时的最小半径为 R_1，如图 乙 所示，由几何关系得

$2R_1\cos 37° = L$，解得 $B_1 = \frac{mv}{qR_1} = 1.6B_0$，

当 $B_0 \le B \le 1.6B_0$ 时，有 $n_1 = n_0$，

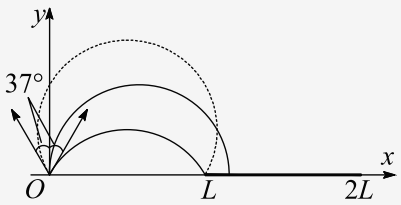
当 $B > 1.6B_0$ 时，恰好收集不到离子时的半径为 R_2，由几何关系得

$R_2 = 0.5L$，解得 $B_2 = 2B_0$，

当 $1.6B_0 < B \leq 2B_0$ 时，设 $R' = \frac{mv}{qB}$，有

$n_2 = \frac{2R'-L}{2R'(1-\cos 37^\circ)} n_0 = n_0 \left(5 - \frac{5B}{2B_0}\right)$，

当 $2B_0 < B \leq 3B_0$ 时，有 $n_3 = 0$。



乙