# 2006年全国普通高等学校招生统一考试

# 上海物理试卷

考生注意：

1．答卷前，考生务必将姓名、准考证号、校验码等填写清楚．

2．本试卷共 10 页，满分 150 分．考试时间 120 分钟．考生应用蓝色或黑色的钢笔或圆珠笔将答案直接写在试卷上．

3．本试卷一、四大题中，小题序号后标有字母A的试题，适合于使用一期课改教材的考生；标有字母B的试题适合于使用二期课改教材的考生；其它未标字母 A 或 B 的试题为全体考生必做的试题．不同大题可以选择不同的A类或B类试题，但同一大题的选择必须相同．若在同一大题内同时选做 A 类、B 类两类试题，阅卷时只以 A 类试题计分．

4．第 19、20、2l、22、23 题要求写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤．只写出最后答案，而未写出主要演算过程的，不能得分．有关物理量的数值计算问题，答案中必须明确写出数值和单位。

## 一．（20分）填空题．本大题共5小题，每小题4分．答案写在题中横线上的空白处或指定位置，不要求写出演算过程。

## 本大题中第1、2、3小题为分叉题。分 A、B 两类，考生可任选一类答题．若两类试题均做。一律按 A 类题计分．

**A类题(适合于使用一期课改教材的考生)**

1A．如图所示，一束 β 粒子自下而上进入一水平方向的匀强电场后发生偏转，则电场方向向\_\_\_\_\_\_，进入电场后，β 粒子的动能\_\_\_\_\_\_（填“增加”、“减少”或“不变”）。

β

2A．如图所示，同一平面内有两根互相平行的长直导线1和2，通有大小相等、方向相反的恒定电流，a、b两点与两导线共面，a点在两导线的中间与两导线的距离均为*r*，b点在导线2右侧，与导线2的距离也为*r*。现测得a点磁感应强度的大小为*B*，则去掉导线1后，b点的磁感应强度大小为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，方向\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

1

2

a

b

3A．利用光电管产生光电流的电路如图所示。电源的正极应接在\_\_\_\_端（填“a”或“b”）；若电流表读数为 8 μA，则每秒从光电管阴极发射的光电子至少是\_\_\_\_\_\_\_个（已知电子电量为 1.6×10−19C）。

a

b

K

A

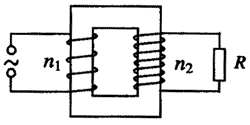
μA

电源

**B类题(适合于使用二期课改教材的考生)**

1B．如图所示，一束 β 粒子自下而上进入一垂直纸面的匀强磁场后发生偏转，则磁场方向向\_\_\_\_\_，进入磁场后，β 粒子的动能\_\_\_\_\_\_（填“增加”、“减少”或“不变”）。

β

2B．如图所示，一理想变压器原、副线圈匝数分别为 *n*1 和 *n*2，当负载电阻 *R* 中流过的电流为 *I* 时，原线圈中流过的电流为\_\_\_\_\_\_\_\_\_；现减小负载电阻 *R* 的阻值，则变压器的输入功率将\_\_\_\_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”）。

3B．右图为包含某逻辑电路的一个简单电路图，L为小灯泡．光照射电阻*R*′时，其阻值将变得远小于*R*。该逻辑电路是\_\_\_\_\_\_\_\_\_门电路（填“与”、“或”或“非”）。当电阻*R*′受到光照时，小灯泡L将\_\_\_\_\_\_\_（填“发光”或“不发光”）。

*R*

*R*ʹ

*L*

5V

1

4．伽利略通过研究自由落体和物块沿光滑斜面的运动，首次发现了匀加速运动规律。伽利略假设物块沿斜面运动与物块自由下落遵从同样的法则，他在斜面上用刻度表示物块滑下的路程，并测出物块通过相应路程的时间，然后用图线表示整个运动过程，如图所示．图中OA表示测得的时间，矩形OAED的面积表示该时间内物块经过的路程，则图中OD的长度表示\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。P为DE的中点，连接OP且延长交AE的延长线于B点，则AB的长度表示\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

D

P

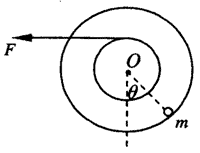
B

E

A

C

O

5．半径分别为 *r* 和 2*r* 的两个质量不计的圆盘，共轴固定连结在一起，可以绕水平轴 O 无摩擦转动，大圆盘的边缘上固定有一个质量为 *m* 的质点，小圆盘上绕有细绳．开始时圆盘静止，质点处在水平轴 O 的正下方位置．现以水平恒力 *F* 拉细绳，使两圆盘转动，若恒力 *F* = mg，两圆盘转过的角度 *θ* =\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_时，质点 *m* 的速度最大．若圆盘转过的最大角度 *θ* = ，则此时恒力 *F* =\_\_\_\_\_\_\_\_。

## 二．（40分）选择题。本大题共8小题，每小题5分．每小题给出的四个答案中，至少有一个是正确的。把正确答案全选出来，并将正确答案前面的字母填写在题后的方括号内。每一小题全选对的得5分；选对但不全，得部分分；有选错或不答的，得0分．填写在方括号外的字母，不作为选出的答案。

6．人类对光的本性的认识经历了曲折的过程。下列关于光的本性的陈述符合科学规律或历史事实的是（ ）

（A）牛顿的“微粒说”与爱因斯坦的“光子说”本质上是一样的

（B）光的双缝干涉实验显示了光具有波动性

（C）麦克斯韦预言了光是一种电磁波

（D）光具有波粒二象性

7．卢瑟福通过对α粒子散射实验结果的分析，提出（ ）

（A）原子的核式结构模型。

（B）原子核内有中子存在。

（C）电子是原子的组成部分。

（D）原子核是由质子和中子组成的。

8．A、B是一条电场线上的两点，若在A点释放一初速为零的电子，电子仅受电场力作用，并沿电场线从A运动到B，其速度随时间变化的规律如图所示。设A、B两点的电场强度分别为*E*A、*E*B，电势分别为*φ*A、*φ*B，则（ ）

*v*

*t*

0

A

B

（A）*E*A = *E*B （B）*E*A＜*E*B

（C）*φ*A = *φ*B （D）*φ*A＜*φ*B

9．如图所示，竖直放置的弯曲管 A 端开口，B 端封闭，密度为 *ρ* 的液体将两段空气封闭在管内，管内液面高度差分别为 *h*1、*h*2 和 *h*3，则 B 端气体的压强为（已知大气压强为 *p*0）（ ）

*h*2

*h*3

A

B

*h*1

（A）*p*0 − *ρg*（*h*1 + *h*2 − *h*3）

（B）*p*0 − *ρg*（*h*1 + *h*3）

（C）*p*0 − *ρg*（*h*1 + *h*3 − *h*2）

（D）*p*0 − *ρg*（*h*1 + *h*2）

10．在均匀介质中选取平衡位置在同一直线上的9个质点，相邻两质点的距离均为*L*，如图（a）所示。一列横波沿该直线向右传播，*t* = 0时到达质点1，质点1开始向下运动，经过时间Δ*t*第一次出现如图（b）所示的波形。则该波的（ ）

图（a）

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 2 3 4 5 6 7 8 9

图（b）

*v*

（A）周期为Δ*t*，波长为8*L* （B）周期为Δ*t*，波长为8*L*

（C）周期为Δ*t*，波速为 （D）周期为Δ*t*，波速为

11．在如图所示电路中，闭合电键 S，当滑动变阻器的滑动触头 P 向下滑动时，四个理想电表的示数都发生变化，电表的示数分别用 *I*、*U*1、*U*2 和 *U*3 表示，电表示数变化量的大小分别用 Δ*I*、Δ*U*1、Δ*U*2 和 Δ*U*3 表示．下列比值正确的是（ ）

*R*1

*R*2

*E r*

S

V3

P

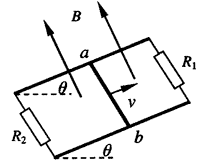
V2

V1

A

（A）不变，不变 （B）变大，变大

（C）变大，不变 （D）变大，不变



12．如图所示，平行金属导轨与水平面成θ角，导轨与固定电阻R1和R2相连，匀强磁场垂直穿过导轨平面。有一导体棒ab，质量为m，导体棒的电阻与固定电阻R1和R2的阻值均相等，与导轨之间的动摩擦因数为μ，导体棒ab沿导轨向上滑动，当上滑的速度为v时，受到安培力的大小为F。此时（ ）

（A）电阻R1消耗的热功率为Fv/3

（B）电阻 R2消耗的热功率为Fv/6

（C）整个装置因摩擦而消耗的热功率为μmgvcosθ

（D）整个装置消耗的机械功率为（F＋μmgcosθ）v

13．如图所示，一足够长的固定斜面与水平面的夹角为37°，质点A以初速度*v*1从斜面顶端水平抛出，质点B在斜面上距顶端*L* = 15m处同时以速度*v*2沿斜面向下匀速运动，经历时间*t*物体A和物体B在斜面上相遇，则下列各组速度和时间中满足条件的是（ ）（sin37° = 0.6，cos37° = 0.8，g = 10 ms2）

A

B

*v*1

*v*2

*L*

37°

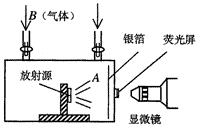
（A）*v*1 = 16 m/s，*v*2 = 15 m/s，*t* = 3s

（B）*v*1 = 16 m/s，*v*2 = 16 m/s，*t* = 2s

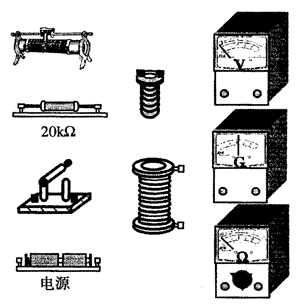
（C）*v*1 = 20 m/s，*v*2 = 20 m/s，*t* = 3s

（D）*v*1 = 20m/s，*v*2 = 16 m/s，*t* = 2s

## 三．（30分）实验题

14．（5分）1919年卢瑟福通过如图所示的实验装置，第一次完成了原子核的人工转变，并由此发现\_\_\_\_\_\_\_\_\_。图中A为放射源发出的\_\_\_\_\_\_粒子，B为\_\_\_\_\_气。完成该实验的下列核反应方程\_\_\_\_\_\_\_＋\_\_\_\_\_\_→178O＋\_\_\_\_\_\_\_。

15．（6分）在研究电磁感应现象实验中，

（1）为了能明显地观察到实验现象，请在如图所示的实验器材中，选择必要的器材，在图中用实线连接成相应的实物电路图；

（2）将原线圈插入副线圈中，闭合电键，副线圈中感应电流与原线圈中电流的绕行方向\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“相同”或“相反”）；

（3）将原线圈拔出时，副线圈中的感应电流与原线圈中电流的绕行方向\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“相同”或“相反”）。

16．（5分）为了测试某种安全阀在外界环境为一个大气压时，所能承受的最大内部压强，某同学自行设计制作了一个简易的测试装置。该装置是一个装有电加热器和温度传感器的可密闭容器。测试过程可分为如下操作步骤：

a．记录密闭容器内空气的初始温度t1；

b．当安全阀开始漏气时，记录容器内空气的温度t2；

c．用电加热器加热容器内的空气；

d．将待测安全阀安装在容器盖上；

e．盖紧装有安全阀的容器盖，将一定量空气密闭在容器内。

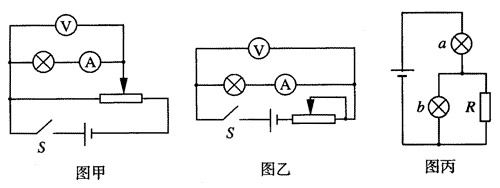
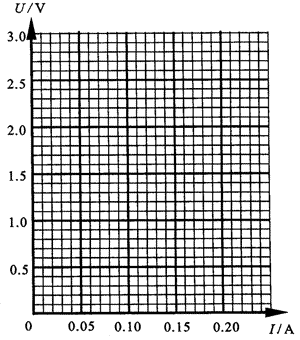
（1）将每一步骤前的字母按正确的操作顺序填写： ；

（2）若测得的温度分别为*t*1 = 27℃，*t*2 = 87℃，已知大气压强为1.0×105Pa，则测试结果是：这个安全阀能承受的最大内部压强是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

17．（7分）表格中所列数据是测量小灯泡 *U*－*I*关系的实验数据：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *U*（V） | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| *I*（A） | 0.000 | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.180 | 0.195 | 0.205 | 0.215 |

（1）分析上表内实验数据可知，应选用的实验电路图是图 （填“甲“或“乙”）；



（2）在方格纸内画出小灯泡的U－I曲线。分析曲线可知小灯泡的电阻随I变大而 （填“变大”、“变小”或“不变”）；

（3）如图丙所示，用一个定值电阻*R*和两个上述小灯泡组成串并联电路，连接到内阻不计、电动势为3V的电源上。已知流过电阻*R*的电流是流过灯泡*b*电流的两倍，则流过灯泡*b*的电流约为 A。

18．（7分）有一测量微小时间差的装置，是由两个摆长略有微小差别的单摆同轴水平悬挂成．两个单摆摆动平面前后相互平行。

（1）现测得两单摆完成 50 次全振动的时间分别为 50.0 s和 49.0 s，则两单摆的周期差 Δ*T* = \_\_\_\_\_\_\_s；

（2）某同学利用此装置测量小于单摆周期的微小时间差，具体操作如下：把两摆球向右拉至相同的摆角处，先释放长摆摆球，接着再释放短摆摆球，测得短摆经过若干次全振动后，两摆恰好第一次同时同方向通过某位置，由此可得出释放两摆的微小时间差。若测得释放两摆的时间差 Δ*t* = 0.165 s，则在短摆释放\_\_\_\_\_\_s（填时间）后，两摆恰好第一次同时向\_\_\_\_\_\_\_（填方向）通过\_\_\_\_\_\_\_（填位置）；

（3）为了能更准确地测量微小的时间差，你认为此装置还可做的改进是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

## 四．（60分）计算题。本大题中第 19题为分叉题，分 A类、B类两题，考生可任选一题．若两题均做，一律按A类题计分。

**A类题(适合于使用一期课改教材的考生)**

19A．（10分）一轻活塞将一定质量的理想气体封闭在水平固定放置的气缸内，开始时气体体积为*V*0，温度为27℃。在活塞上施加压力，将气体体积压缩到*V*0，温度升高到57℃。设大气压强*p*0 = l.0×105 Pa，活塞与气缸壁摩擦不计。

（1）求此时气体的压强；

（2）保持温度不变，缓慢减小施加在活塞上的压力使气体体积恢复到*V*0，求此时气体的压强。

**B类题(适合于使用二期课改教材的考生)**

19B．（10分）一轻活塞将一定质量的理想气体封闭在气缸内，初始时气体体积为 3.0×10－3m3。用 DIS实验系统测得此时气体的温度和压强分别为300K和1.0×105 Pa。推动活塞压缩气体，测得气体的温度和压强分别为320K和1.6×105Pa，活塞与气缸壁摩擦不计。

(1）求此时气体的体积；

（2）保持温度不变，缓慢改变作用在活塞上的力，使气体压强变为 8.0×104Pa，求此时气体的体积。

**公共题(全体考生必做)**

|  |  |
| --- | --- |
| 启动加速度*a*1 | 4m/s2 |
| 制动加速度*a*2 | 8m/s2 |
| 直道最大速度*v*1 | 40m/s |
| 弯道最大速度*v*2 | 20m/s |
| 直道长度*s* | 218m |

20．（10分）**辨析题**：要求摩托车由静止开始在尽量短的时间内走完一段直道，然后驶入一段半圆形的弯道，但在弯道上行驶时车速不能太快，以免因离心作用而偏出车道，求摩托车在直道上行驶所用的最短时间。有关数据见表格。

某同学是这样解的：要使摩托车所用时间最短，应先由静止加速到最大速度 *v*1 = 40m/s，然后再减速到*v*2 = 20m/s，

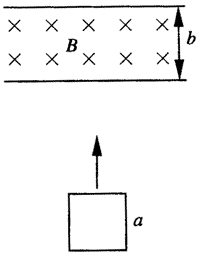
*t*1 = = ……；*t*2 = = ……；*t* = *t*1＋*t*2

你认为这位同学的解法是否合理？若合理，请完成计算；若不合理，请说明理由，并用你自己的方法算出正确结果。

21．（12分）质量为10 kg的物体在*F* = 200 N的水平推力作用下，从粗糙斜面的底端由静止开始沿斜面运动，斜面固定不动，与水平地面的夹角*θ* = 37°。力*F*作用2 s后撤去，物体在斜面上继续上滑了1.25 s后，速度减为零。求：物体与斜面间的动摩擦因数*μ*和物体的总位移*s*。（已知sin37° = 0.6，cos37° = 0.8，*g* = 10 m/s2）

*F*

*θ*

22．（14分）如图所示，将边长为*a*、质量为*m*、电阻为*R*的正方形导线框竖直向上抛出，穿过宽度为*b*、磁感应强度为*B*的匀强磁场，磁场的方向垂直纸面向里。线框向上离开磁场时的速度刚好是进入磁场时速度的一半，线框离开磁场后继续上升一段高度，然后落下并匀速进入磁场．整个运动过程中始终存在着大小恒定的空气阻力*f*且线框不发生转动．求：

（1）线框在下落阶段匀速进入磁场时的速度*v*2；

（2）线框在上升阶段刚离开磁场时的速度*v*1；

（3）线框在上升阶段通过磁场过程中产生的焦耳热*Q*。

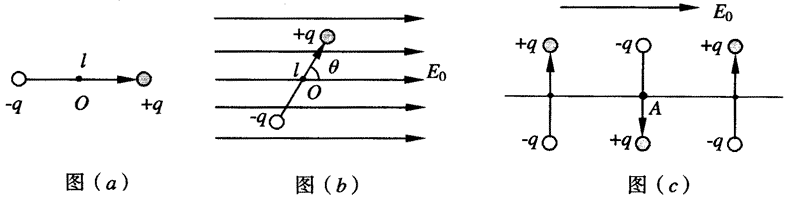
23．（14分）电偶极子模型是指电量为*q*、相距为*l*的一对正负点电荷组成的电结构，O是中点，电偶极子的方向为从负电荷指向正电荷，用图（a）所示的矢量表示。科学家在描述某类物质的电性质时，认为物质是由大量的电偶极子组成的，平时由于电偶极子的排列方向杂乱无章，因而该物质不显示带电的特性。当加上外电场后，电偶极子绕其中心转动，最后都趋向于沿外电场方向排列，从而使物质中的合电场发生变化。

（1）如图（b）所示，有一电偶极子放置在电场强度为*E*0的匀强外电场中，若电偶极子的方向与外电场方向的夹角为*θ*，求作用在电偶极子上的电场力绕O点的力矩；

（2）求图（b）中的电偶极子在力矩的作用下转动到外电场方向的过程中，电场力所做的功；

（3）求电偶极子在外电场中处于力矩平衡时，其方向与外电场方向夹角的可能值及相应的电势能；

（4）现考察物质中的三个电偶极子，其中心在一条直线上，初始时刻如图（c）排列，它们相互间隔距离恰等于*l*。加上外电场*E*0后，三个电偶极子转到外电场方向，若在图中A点处引入一电量为＋*q*0的点电荷（q0很小，不影响周围电场的分布），求该点电荷所受电场力的大小。



# 2006年全国普通高等学校招生考试上海物理试卷答案要点

-*q*

+*q*

*θ*

*E*0

O

*l*

## 一．填空题（共20分，每小题4分）

1A．左，增加 2A．，（垂直纸面）向外 3A．*a*，5×1013

1B．内，不变 2B．*I*，增大 3B．非，发光

4．平均速度，末速度 5．，

评分标准：每小题4分，每空格2分，共20分。

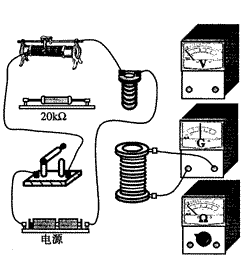
## 二．选择题（共40分，每小题5分）

6．BCD 7．A 8．AD 9．B

10．BC 11．ACD 12．BCD 13．C

评分标准：每小题5分，共40分。每小题全选对的得5分，选对但不全的得3分；有选错或不答的得0分。

## 三．实验题（共20分）

14．质子，α，氮，He＋N →N＋H

前三空格每格1分，完成方程2分，本题共5分

15．（1）实物电路图连线如右图所示。

（2）相反

（3）相同

第（1）问，正确画出图线2分；第（2）、（3）问每空格2分，本题共6分。

16．（1）*d e a c b*

（2）1.2×105 P*a*（或1.2大气压）

第（1）问3分，第（2）问2分，本题共5分。

17．（1）甲

（2）小灯泡的U—I图线如右图所示，变大

（3）0.07

第（1）问2分；第（2）问作图2分，填空1分；第（3）问2分，本题共7分。

18．（1）0.02

（2）8.085，左，平衡位置

（3）减小两单摆的摆长差等

第（1）问2分；第（2）问第一空格2分，其余空格1分；第（3）问1分，本题共7分。

## 四．计算题（共60分）

19 **A**．（10分）

（1）气体从状态 I 到状态 II 的变化符合理想气体状态方程

 =  ①

由①式 *p*2 =  =  = 1.65×105 P*a* ②

（2）气体从状态 Ⅱ 到状态 Ⅲ 的变化为等温过程

*p*2*V*2 = *p*3*V*3 ③

由③式：*p*3 =  =  = 1.1×105 P*a* ④

评分标准：本题共10分。第（1）小题5分，得出①式2分，得出②式3分；第（2）小题5分，得出③式2分，得出④式3分。

19 B．（10分）

（1）气体从状态 I 到状态 II 的变化符合理想气体状态方程

 =  ①

由①式 V2 =  =  = 2.0×10－3m3 ②

（2）气体从状态 II 到状态 III 的变化为等温过程

p2V2 = p3V3 ③

由③式 V3 =  =  = 4.0×10－3m3 ④

评分标准：本题共10分。第（1）小题5分，得出①式2分，得出②式3分；第（2）小题5分，得出③式2分，得出④式3分。

20．（10分）

该同学的解法不正确，因为摩托车必须在218m的直道上完成变速运动过程，但按照该同学的解法，

*t*1 = = s = 10s，*t*2 = = s = 2.5s，*t* = *t*1＋*t*2 = 12.5s

摩托车的位移为：

*s* = *s*1＋*s*2 = ＋ = 0.5×40×10＋0.5（40＋20）×2.5 = 275m

已大于直道长度218m。

正确的解法如下：

摩托车在时间内加速到*v*m，再在时间内减速到*v*2，总位移*s*为218m，

*t*1 = ①

*t*2 = ②

*v*m*t*1＋（*v*m＋*v*2）*t*2 = *s* ③

由①，②，③式联立解得 *v*m = 36m/s ④

最短时间*t* = *t*1＋*t*2 = ＋ = ＋ = 11s ⑤

评分标准：本题共10分。作出正确判断并说明理由得3分；得出①、②、③式各1分，得出④式2分，得出正确结果⑤式2分。

21．（12分）

物理的整个运动分为两部分，设撤去力*F*瞬间物体的速度为*v*，则

由*v* = *a*1*t*1和0 = *v*－*a*2*t*2

得*a*1*t*1 = *a*2*t*2或2*a*1 = 1.25*a*2 ①

*a*1 = ②

*a*2 = ③

由①，②，③式联立解得：*μ* = 0.25 ④

代入②，③得：*a*1 = 5m/s2，*a*2 = 8m/s2

*s* = *a*1*t*12＋*a*2*t*22 ⑤

= 0.5×5×22＋0.5×8×1.252 = 16.25m ⑥

评分标准：本题共12分。得出①、②和③式各2分，正确得出结果④式2分；正确得出结果⑥式4分，仅得出⑤式2分。

22．（14分）

（1）线框在下落阶段匀速进入磁场瞬间

*mg* = *f*＋ ①

解得 *v*2 = ②

（2）线框从离开磁场至上升到最高点的过程

（*mg*＋*f*）*h* = *mv*12 ③

线框从最高点回落至磁场的过程

（*mg*－*f*）*h* = *mv*22 ④

③、④ 式联立解得

*v*1 =  ⑤

= ⑥

（3）线框在向上通过过程中

*mv*02－*mv*12 = *Q*＋（*mg*＋*f*）（*a*＋*b*） ⑦

*v*0 = 2*v*1

*Q* = *m*[（*mg*）2－*f* 2 ]－（*mg*＋*f*）（*a*＋*b*） ⑧

评分标准：本题共14分。第（1）小题4分，得出①、②式各2分；第（2）小题6分，得出③、④式各2分，正确得出结果⑥式2分，仅得出⑤式1分；第（3）小题4分，得出⑦、⑧式各2分。

23．（14分）

（1）＋q 所受电场力矩为：M1 = qE0*l*sinθ/2 ①

－q 所受电场力矩为：M2 = qE0 *l*sinθ/2 ②

电偶极子所受力矩为： M = M1＋M2 = qE0*l* sinθ ③

（2）电场力对＋q 做功： W1 = qE0*l*（1－cosθ）/2 ④

电场力对－q做功： W2 = qE0 *l*（1－cosθ）/2 ⑤

电场力对电偶极子做功： W = W1＋W2 = qE0*l*（1－cosθ） ⑥

（3）由③式 M = qE0*l* sinθ = 0 ⑦

得θ1 = 0或 θ2 = π

θ1 = 0 时，设此时点电荷所在位置的电势为U，电偶极子的电势能ε1 = －qU＋q（U－E0*l*） = －q E0*l*

θ2 = π时，电偶极子的电势能ε1 = qU－q（U －E0*l*） = qE0*l* ⑧

（4）三个电偶极子沿电场方向排列，中间的正负电荷相互抵消，两端的正电荷作用在A点处点电荷q0上的电场大小均为，方向均与外电场相反

∴ 三个电偶极子作用在q0上的电场力为F′ =  =  ⑨

外电场作用在q0上的电场力：F = q0 E0

q0所受的电场力为 F = F0－F′ = q0 E0－ ⑩

评分标准：本题共14分。第（1）小题3分，得出③式3分；第（2）小题3分，得出⑥式3分；第（3）小题4分，得出⑦式中的两个角度和⑧式中的两个能量值各得1分；第（4）小题4分，得出⑨、⑩式各2分。