

第 31 届北京市高中力学竞赛预赛试卷

(首都师大附中杯)

(全卷满分 150 分)

2018 年 5 月 5 日上午 9:30—11:30

题 号	一	二	三				总 分
			20	21	22	23	
分 数							
阅卷人							
复核人							

得 分

一、选择题。本题共 11 小题，每小题 4 分，共 44 分。在每小题给出的 4 个选项中，把符合题意的选项前面的英文字母填在表格中，全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有错或不答的得 0 分。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
答案											

1. 由质点在时间 Δt 内的位移或路程，做出质点运动情况的下列判断中正确的是

- A. 如果质点的位移为零，那么此质点一定静止
- B. 如果质点的位移为零，那么此质点可能运动
- C. 如果质点通过的路程为零，那么此质点一定静止
- D. 如果质点通过的路程为零，那么此质点可能运动

2. 关于物体受力与运动关系的下列说法中，正确的是

- A. 物体受到的合力为零，它一定静止
- B. 物体受到的合力越小，它的速度一定越小
- C. 物体受到的合力变小，它的速度可能变大
- D. 物体受到的合力变大，它的加速度一定变大

3. 图 1 为某质点做直线运动的 $v-t$ 图像，由此可知

- A. 第 1s 内质点的位移大小为 2m

(字迹工整)

学 校

区

姓 名

准考证号

答 案

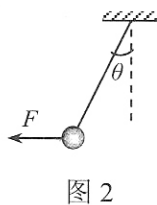
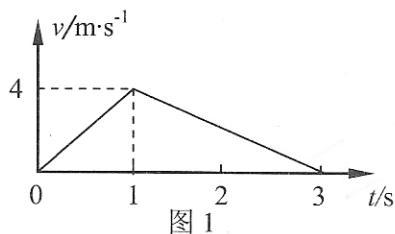
不 要

线 内

封

密

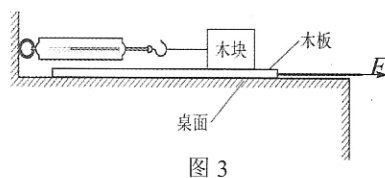
- B. 第 2s 末质点的瞬时速度大小为 2 m/s
C. 第 3s 内质点的加速度大小为 2 m/s²
D. 0-3s 内质点做匀变速直线运动



4. 一人站在地面上的某处, 观察到一颗卫星总是在他的竖直上方与他相对静止不动, 这说明
- A. 此人一定站在赤道上的某处, 卫星的轨道可能是椭圆轨道
B. 此人一定站在赤道上的某处, 卫星的轨道一定是圆轨道
C. 此人不一定站在赤道上, 卫星的轨道可能是椭圆轨道
D. 此人运动的角速度和线速度都与卫星的相同
5. 如图 2 所示, 水平力 F 将小球的悬线拉偏离竖直方向 θ 角。关于力 F 、小球质量 m 及偏角 θ 之间的关系, 下列关系中正确的是

- A. $F = mg \sin \theta$ B. $F = mg \tan \theta$
C. $F = \frac{mg}{\cos \theta}$ D. $F = \frac{mg}{\tan \theta}$

6. 如图 3 所示, 将一木块和长木板叠放在水平桌面上, 弹簧测力计一端固定, 其挂钩通过水平细线与木块相连。水平力 F 作用于长木板, 则下面的说法中正确的是



- A. 长木板静止时弹簧测力计的示数等于力 F 的大小
B. 水平力 F 拉动长木板后, 弹簧测力计的示数随力 F 的增大而增大
C. 当长木板与木块发生相对运动后, 弹簧测力计的示数随力 F 的增大而增大
D. 当长木板与木块发生相对运动后, 无论力 F 多大, 弹簧测力计的示数都不变
7. 如图 4 所示, 停在水平地面上的小车内, 用细线 a 和 b 拴住一个小

球，它们在车厢上的两个固定点的连线与小车的行进方向一致。细线 a 和 b 的拉力分别设为 F_a 和 F_b 。小车由静止开始向左做加速度逐渐增大的加速运动，两线仍都处于绷紧状态，两线的拉力的变化情况是

- A. F_a 变大, F_b 变大
- B. F_a 变大, F_b 变小
- C. F_a 变小, F_b 变小
- D. F_a 变小, F_b 变大

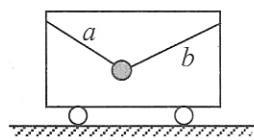


图 4

8. 轻质弹簧吊着小球静止在如图 5 所示的 A 位置，现用水平外力 F 将小球缓慢拉到 B 位置，此时弹簧与竖直方向的夹角为 θ ，在这一过程中，下列说法正确的是

- A. 水平力 F 的大小逐渐减小
- B. 小球的重力势能不变
- C. 弹簧的弹性势能增加
- D. 水平外力 F 做的功数值上等于弹簧和小球机械能的增加量

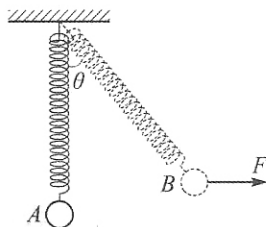


图 5

9. 物理关系式反映了物理量之间的关系，根据关系式中物理量的量纲间的关系可以判断物理关系式是否可能正确。某组同学在探究“空气中的声速 v 与空气压强 p 和空气密度 ρ 的关系”时，得出下列四个关系式，式中 k 为比例常数，无单位。其中可能正确的是

- A. $v = k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$
- B. $v = k\sqrt{\frac{p^2}{\rho}}$
- C. $v = k\rho\sqrt{\frac{p}{\rho}}$
- D. $v = k\rho\sqrt{\frac{p}{\rho}}$

10. 物体 A 在水平恒力 F_1 作用下，以速度 v_1 沿水平面做匀速运动；物体 B 在斜向上方向的恒力 F_2 作用下，以速度 v_2 沿水平面做匀速运动。已知恒力 F_1 与 F_2 的功率相同。则 F_1 与 F_2 、 v_1 与 v_2 的大小的关系可能有

- A. $F_2 = F_1$, $v_1 > v_2$
- B. $F_2 = F_1$, $v_1 < v_2$
- C. $F_2 > F_1$, $v_1 = v_2$
- D. $F_2 < F_1$, $v_1 = v_2$

11. 静止在水平地面上的物块受到水平向右的拉力 F 作用，力 F 与时间 t 的关系如图 6 所示，设物块与地面的最大静摩擦力与滑动摩擦力大小都为 f ，则

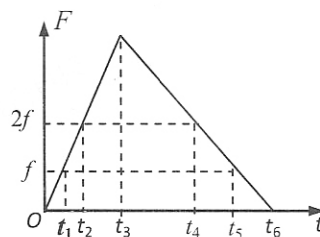


图 6

- A. $0-t_1$ 时间内 F 的功率逐渐增大
B. t_2 和 t_4 时刻物块的加速度大小相等, 方向相反
C. t_4 和 t_6 时刻物块的加速度大小相等, 方向相反
D. t_5 时刻物块的动能最大

二、填空题 (共 40 分, 每小题 5 分) 把答案填在题中的横线上, 或按题目要求作图。

12. 特警战士从高 20m 处沿悬绳下滑到地面用时 5s。设战士质量为 65kg, 试估算战士下滑时所受到的平均阻力大小为 _____ N; 战士滑到地面时的速度大小为 _____ m/s。 ($g=10\text{m/s}^2$)

13. 从某一高处将小球以 10m/s 的速度水平抛出, 小球经过 1s 落地, 则小球抛出时距地面的高度为 _____ m; 若要使小球水平射程变为 7.5m, 则小球从这个高度抛出时的初速度为 _____ m/s。 (忽略空气阻力, $g=10\text{m/s}^2$)

14. 木块放置在粗糙水平面上, 用水平力拉动木块, 木块做直线运动的 $v-t$ 图像如图 7 所示, 试在下图中画出木块的加速度--时间 ($a-t$) 和位移--时间 ($x-t$) 的图线。

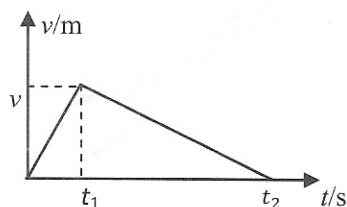
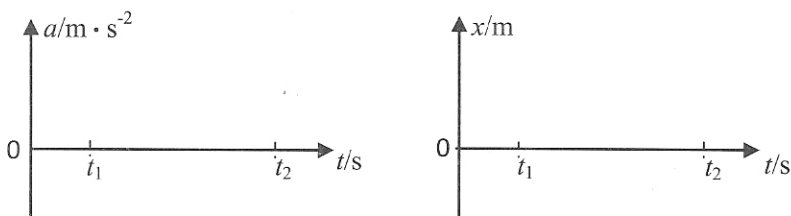


图 7



15. 如图 8 所示, 斜面光滑的楔形物块 M 放在水平桌面上, 质量分别为 m_1 、 m_2 的两个物块用跨过光滑斜面顶端的定滑轮的细绳连接, 细绳的 AB 段水平, 已知 $m_1=\sqrt{3}m_2$ 。则斜面的倾角 θ = _____; 楔形物块 M 受到的摩擦力大小为 _____。

16. 一个玩具小车放在水平地面上, 如图 9 (甲) 所示, 当小车启动后, 小车的水平牵引力 F 随时间 t 的变化情况如图 9 (乙) 所示, 相

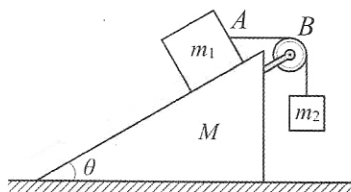


图 8

密封线内不要答题

(字迹工整)

学校

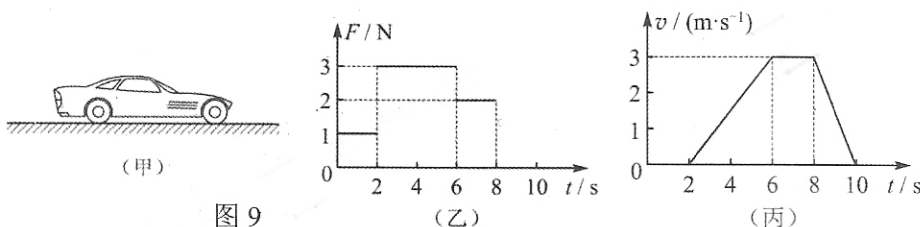
区

姓名

准考证号

题
答
要
不
内
线
封
密

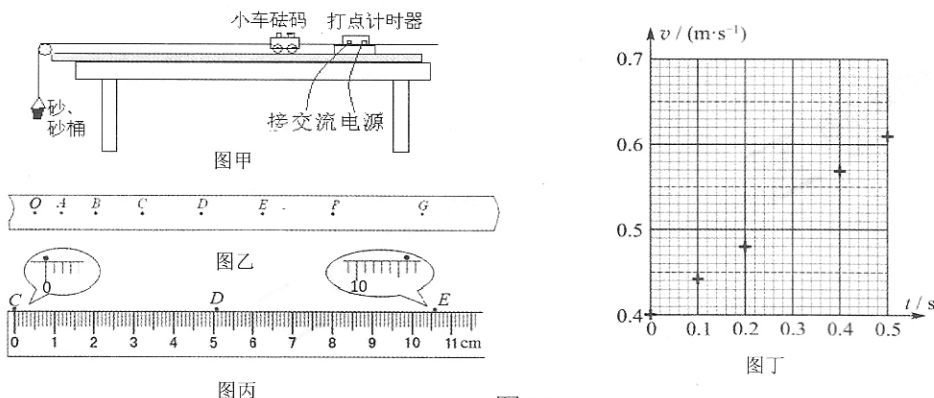
应的小车速度 v 随时间 t 的变化关系如图 9 (丙) 所示, 则 2—6s 内牵引力 F 做功的平均功率 $P=$ _____ W; 小车在 0—8s 的时间内克服阻力所做的功 $W=$ _____ J。



17. 质量为 m 的物体从距地面 H 高处的气球吊篮中无初速落下。下落过程中受到的空气阻力与运动速度的关系是 $f=kv$, 又知物体距地面高 h 处开始速度不再变化, 直到落地。物体落地时的速度为 _____; 在下落过程中, 物体克服空气阻力所做的功为 _____。

18. 短跑运动员完成 100m 赛跑的过程可简化为两个阶段, 起跑阶段为匀加速直线运动, 然后做匀速直线运动通过终点。一次比赛中, 某运动员用 11.00s 跑完全程, 已知运动员在加速阶段的第 2s 内通过的距离为 7.5m, 则该运动员起跑阶段的加速度大小为 _____ m/s^2 , 通过的位移大小为 _____ m。

19. 如图 10 所示, 某同学采用图甲所示装置利用打点计时器测量小车的加速度。图乙是实验中得到的一条纸带, O 、 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 为 8 个连续的计数点, 相邻的两个计数点之间还有四个点未画出, 已知打点计时器的工作频率为 50 Hz。该同学计划利用 $v-t$ 图像计算小车的加速度, 他用刻度尺进行相关长度的测量, 其中 CE 的测量情况如图丙所示, 依据此数据计算打点计时器打下 D 点时小车的速度为 _____ m/s 。在 $v-t$ 图 (图丁) 中



已标注出了打点计时器打下 A 、 B 、 C 、 E 、 F 五个点时小车的速度，请将打下 D 点时小车的速度标注在 $v-t$ 图上，并描绘出小车的 $v-t$ 图像，由描绘的图线可得出小车的加速度大小为 _____ m/s^2 。

三、计算题（共 66 分）解答中应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

得 分
得 分

20. (12 分) 质点做匀变速直线运动，选某时刻为计时起点，此时刻质点位于原点，以其速度方向为坐标正方向，在第 3s 初的速度为 6m/s ，第 5s 末的速度为 3m/s ，

试求 (1) 该质点何时速度为零；(2) 质点在正方向上的最大位移。

得 分

21. (12 分) 我国自行研制的电磁轨道炮的水平居于世界前列。

电磁炮弹的质量 $m=10\text{kg}$ ，发射轨道长 $l=10\text{m}$ ，出口速度可达到 $v=2500\text{m/s}$ ，电磁轨道炮在发射炮弹时的能量利用率 $\eta=15\%$ ，

试估算：(1) 发射过程中炮弹的加速度大小；
(2) 电磁轨道炮发射炮弹时的功率大小。

得 分

22. (20 分) 如图 11 所示, 四分之一圆弧轨道 AB 与水平轨道 BC 平滑连接于 B 点, 圆弧轨道的半径为 R , 两小球用一轻杆铰接在一起, 两小球的质量分别为 m_1 和 m_2 , 将 m_1 拉至轨道的 A 点, 此时 m_2 处于水平轨道上, 释放 m_1 , 不计一切阻力。

试求: (1) 两球都到达水平轨道时的速度 v ;

(2) 轻杆对质量为 m_1 小球所做的功 W 。

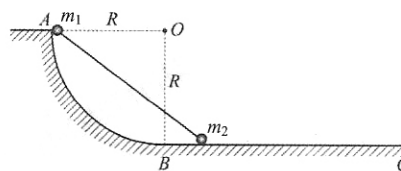


图 11

得分

23. (22 分) 一根轻质弹簧上端固定, 下端系一质量为 m 的物块, 物块静止时弹簧的伸长量为 x_0 , 现用水平木板将物块托起, 使弹簧回复原长状态, 如图 12 所示, 然后让木板由静止开始以加速度 a ($a < g$) 向下做匀加速运动。

- (1) 试分析物块的运动情况, 判定物块与木板分离的条件;
- (2) 求物块做匀加速运动所经历的时间 t ;
- (3) 证明物块做匀加速运动过程中, 木板的支持力做功等于弹簧的弹力做功;
- (4) 求物块做匀加速运动过程中弹簧的最大弹性势能。

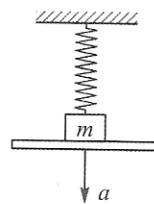


图 12

密封线内不要答题

第 31 届北京市高中力学竞赛预赛试题参考答案

(参考答案如有不妥, 可由本赛区阅卷指导组负责修订)

一、选择题 (共 44 分, 每小题 4 分)

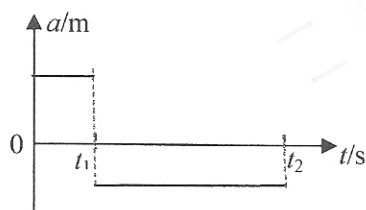
题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
答案	BC	CD	ABC	B	B	D	B	CD	A	BC	CD

二、填空题 (共 40 分, 每小题 5 分)

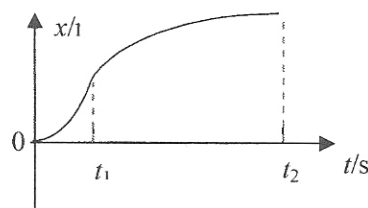
12. 546N (2 分) 8 (3 分)

13. 5 (2 分) 7.5 (3 分)

14.



(2 分)



(3 分)

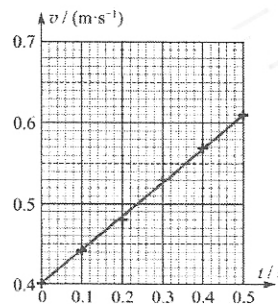
15. 30° (2 分) 0 (3 分)

16. 4.5 (2 分) 24 (3 分)

17. $\frac{mg}{k}$ (2 分) $mgH - \frac{m^3 g^2}{2k^2}$ (3 分)

18. 5 (2 分) 10 (3 分)

19. 0.53 (2 分) 0.42 (2 分) 图 (1 分)



三、证明、计算题 (共 66 分) (解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤,

只写出最后答案的不能得分.有数值计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位.)

20. (12 分)

(1) 从第 3s 初到第 5s 末经历的时间间隔为 3s, 质点做匀减速运动, 加速度为

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{3 - 6}{3} \text{ m/s}^2 = -1 \text{ m/s}^2$$

从 5s 末到速度为零所用的时间为 t_1

$$t_1 = \frac{0 - v_t}{a} = \frac{0 - 3}{-1} \text{ s} = 3 \text{ s}$$

所以, 8s 末质点的速度为零。

(6 分)

(2) 设质点在零时刻的速度为 v_0 , 则

$$v_0 = -at' = 8 \text{ m/s}$$

$$\text{质点在正方向上的最大位移 } x = v_0 t' + \frac{1}{2} at'^2 = 32 \text{ m}$$

(6 分)

21. (12 分)

(1) 电磁炮弹的运动按匀变速运动进行估算, 其加速度

$$a = \frac{v_t^2 - 0}{2l} = \frac{2500^2 - 0}{20} \text{ m/s}^2 = 3.1 \times 10^5 \text{ m/s}^2 \quad (4 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 发射炮弹时的功率 } P = \frac{W}{t} = \frac{E_k}{t\eta}$$

$$\text{其中: } t = \frac{x}{\bar{v}} = 8 \times 10^{-3} \text{ s} \quad \text{所以: } P = \frac{W}{t} = \frac{E_k}{t\eta} = 2.6 \times 10^{10} \text{ W} \quad (8 \text{ 分})$$

22. (20 分)

(1) 对 m_1 和 m_2 组成的系统, 滑下过程中机械守恒

$$m_1 g R = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 \quad \text{所以} \quad v = \sqrt{\frac{2m_1 g R}{m_1 + m_2}} \quad (8 \text{ 分})$$

(2) m_1 下滑过程中只有重力和轻杆对它做功, 根据动能定理:

$$m_1 g R + W = \frac{1}{2} m_1 v^2 - 0$$

$$\text{轻杆对 } m_1 \text{ 做功 } W = \frac{m_1^2 g R}{(m_1 + m_2)} - m_1 g R = -\frac{m_1 m_2 g R}{m_1 + m_2}$$

(12 分)

23. (22 分) 答案:

(1) 物块随木板下落做匀加速运动, 木块受重力 mg 、弹簧的弹力 F_1 和木板的支持力 F_2 。随物块的下落, 弹力 F_1 由 0 开始逐渐增大, 支持力 F_2 由某一值开始逐渐减小。当支持力减小到 0 时, 物块将与木板分离。分离后物块做变加速运动。 (5 分)

(2) 设弹簧的劲度系数为 k , 物块静止时, 有 $kx_0 = mg$

物块与木板将要分离时, 设弹簧的伸长量为 x_1 , 此时物块只受重力和弹簧的弹力, 有:

$$mg - kx_1 = ma$$

$$\text{物块做匀加速运动, } x_1 = \frac{1}{2} at^2 \quad \text{得到: } t = \sqrt{\frac{2(g-a)x_0}{ag}} \quad (5 \text{ 分})$$

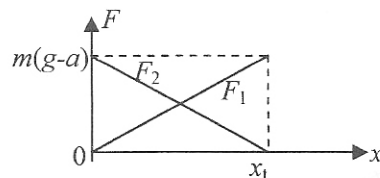
(3) 物块做匀加速运动, 在位移为 x 时, 有 $mg - F_1 - F_2 = ma$

$$\text{其中 } F_1 = kx; \quad F_2 = m(g-a) - kx$$

$$\text{当 } x=0 \text{ 时, } F_1=0; \quad F_2=m(g-a)$$

$$\text{当 } x=x_1 \text{ 时, } F_1=m(g-a); \quad F_2=0$$

作 $F-x$ 图, $F-x$ 图下所围面积等于力所做的功, 由图可知, 在 x 由 $0-x_1$ 的过程中, 支持力 F_2 做功与弹力 F_1 做功相等。克服弹力 F_2 做功等于匀加速运动过程中最大弹性势能 E_p 。



(6 分)

(4) 在 x 由 $0-x_1$ 的过程中, 重力做正功、支持力和弹力做负功, 动能增加, 有

$$mgx - 2E_p = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{且} \quad v = at$$

$$\text{解得: } E_p = \frac{mx_0(g-a)^2}{2g} \quad (6 \text{ 分})$$