

第 25 届北京市高中力学竞赛预赛试卷

(北京四中杯)

(全卷满分 150 分)

2012 年 5 月 6 日 上午 9:30—11:30

题号	一	二	三				总分
			20	21	22	23	
分数							
阅卷人							

(要求字迹工整)

姓名

区县、学校

准考证号

答题

要

不

内

线

封

密

得分

一、选择题(共 44 分, 每小题 4 分) 每小题均有四个备选答案, 至少有一个答案是正确的, 请把所选答案前的字母填在下面的答案表内。每小题全选对的得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 错选或不答的均得 0 分。

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

1. 如图 1 所示, A、B 两个物体叠放在水平地面上, A、B 所受重力均为 10N, A、B 间、B 与地面间的动摩擦因数均为 0.3。现对 A、B 同时施以方向相反的水平力 $F=1\text{N}$, A、B 均静止不动。则 A、B 间、B 与地面间的摩擦力的大小分别为

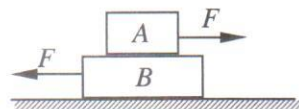


图 1

- A. 3N; 6N B. 1N; 1N
C. 0; 1N D. 1N; 0

2. 一质点沿直线运动, 在这条直线上建立坐标, 质点的位置坐标 x 随时间 t 变化的规律为 $x=3+4t+5t^2$. t 的单位是秒, x 的单位是米。则可知

- A. 质点的初速度为 4m/s B. 质点的加速度为 5m/s^2
C. 质点的加速度为 10m/s^2 D. 初始时刻质点的位置在 $x=3\text{m}$ 处

3. 细线 AO 和 BO 下端系一个重为 G 的物体 P, A、B 两个端点在同一水平线上, $\angle AOB=90^\circ$, 细线 AO 的长度大于细线 BO 的长度, 如图 2 所示。细线 AO 和 BO 的拉力设为 F_A 和 F_B , 比较细线的拉力 F_A 、 F_B 和 G 的大小, 有

A. $F_A > F_B$

B. $F_A < F_B$

C. $F_A < G$

D. $F_B > G$

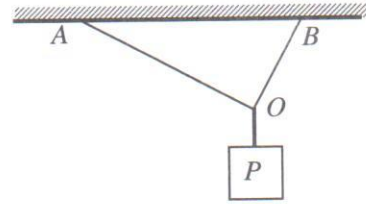


图 2

4. 嫦娥二号绕月球做匀速圆周运动，圆轨道距月球表面较近，测得嫦娥二号绕月运行的周期为 T ，万有引力常量为 G 。由此可以估算出

A. 月球的半径

B. 嫦娥二号的轨道半径

C. 月球的平均密度

D. 嫦娥二号的质量

5. 一质点沿曲线由 A 向 C 运动，如图 3 所示，图中的虚线为曲线在 B 点的切线，运动过程中质点的速率不断减小。图 3 所示的四个图中，表示质点通过 B 点时所受合力 F 的方向，其中可能正确的是

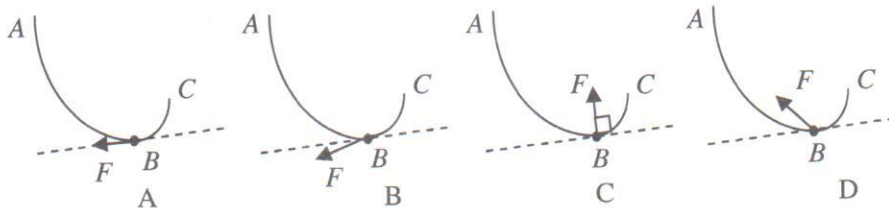


图 3

6. 质量为 m 的质点作匀变速直线运动，设开始运动的方向为正方向，经时间 t 速度由 v 变为 $-v$ ，则在时间 t 内

A. 合力对质点做的功为 mv^2

B. 质点所受到的合力为 $-\frac{2mv}{t}$

C. 质点的位移为 vt

D. 质点通过的路程为 $\frac{1}{2}vt$

7. 起重机竖直向上加速吊起重物的过程中，钢丝绳对重物做功为 W_1 ，重物克服重力做功为 W_2 ，克服空气阻力做功为 W_3 ，则在这个过程中

A. 重物动能增加量为 $W_1 - W_2 - W_3$

B. 重物动能增加量为 $W_1 - W_3$

C. 重物机械能增加量为 $W_1 - W_2 - W_3$

D. 重物的重力势能增加量为 W_2

8. 如图 4 所示，一根轻弹簧竖直直立在水平地面上，一个物块从高处自由下落到弹簧上端 O ，将弹簧压缩，弹簧被压缩了 x_0 时，物块的速度变为零。在弹簧被压

缩的过程中，有

- A. 物块的动能逐渐减小到 0
- B. 物块的动能先增大后减小
- C. 物块的加速度逐渐增大
- D. 弹簧的弹性势能逐渐增大

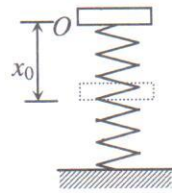


图 4

9. 三个木块 a 、 b 、 c 按如图 5 所示的方式叠放在水平桌面上. 已知各接触面之间都有摩擦. 现用水平向右的力 F 拉木块 b , 木块 a 、 c 随 b 一起以相同的加速度向右运动. 则下列说法正确的是

- A. a 对 c 的摩擦力方向向右
- B. b 对 a 的摩擦力方向向右
- C. a 、 b 之间的摩擦力一定大于 a 、 c 之间的摩擦力
- D. a 、 b 之间的摩擦力一定小于 a 、 c 之间的摩擦力

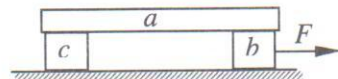


图 5

10. 质量为 m 的物体与竖直墙壁间的接触面不光滑, 一水平力 F 作用在物体上, 如图 6 所示. 当水平力 F 由 0 逐渐增大的过程中, 物体与墙壁间的摩擦力 F_f 随水平力 F 变化的图像为图 7 的四个图中的

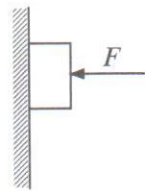


图 6

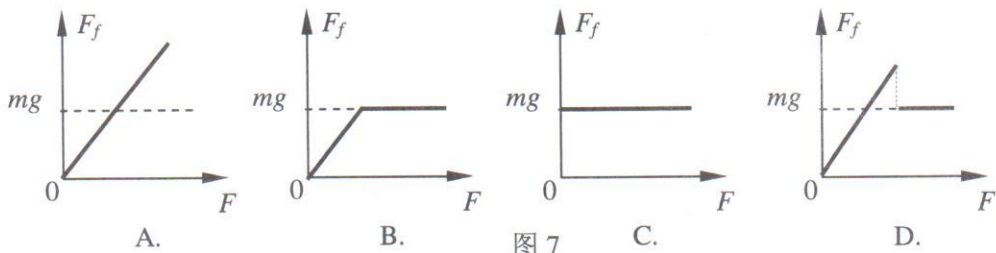


图 7

11. 质量为 m 的物块静止于光滑水平面上, 水平恒力 F 作用于物块的时间为 t , 然后换成反向大小为 $2F$ 的水平恒力再作用 $2t$ 时间. 取 F 的方向为正方向, 则有

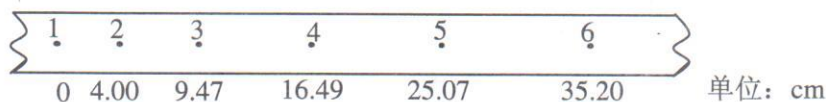
- A. 物块的速度变化量为 $\frac{3Ft}{m}$
- B. 物块的速度变化量为 $-\frac{3Ft}{m}$
- C. 物块的动能变化量为 $\frac{9F^2t^2}{2m}$
- D. 物块的动能变化量为 $\frac{9F^2t^2}{2m^3}$

得分

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. 自由下落的重锤拖动一条穿过打点计时器的纸带, 打点计时器的振针在纸

带上打下一系列的点,如图8所示,在纸带上取出1、2、3、4、5、6共六个计数点.相邻的两个计数点间都有一个点未画出.用刻度尺测得各个点到计数点1的距离都标在纸带上,交流电的频率为50Hz.试从纸带上给出的数据求出振针打下计数点2和5时重锤的速度分别为 $v_2=$ _____ m/s, $v_5=$ _____ m/s.



13. 小球从高 h 处水平抛出,落到水平地面时的水平位移是 $\sqrt{2}h$, 小球抛出时的初速度大小是 _____; 如使小球抛出时的初速度减为一半, 要使小球落地时的水平位移大小仍是 $\sqrt{2}h$, 小球抛出时的高度是 _____.

14. 质点沿一直线由 A 向 B 作匀加速直线运动, 已知通过 A 点的速度为 v , 通过 B 点的速度为 $3v$. 则由 A 到 B 运动一半时间的速度为 _____; 运动的一半路程时的速度为 _____.

15. 如图9所示, 一个小木块被压缩的弹簧卡在玩具小车的左右两壁之间, 当玩具小车向左做加速运动的加速度为 a 时, 左右两壁受到的压力分别为 F_1 和 F_2 . 不计一切摩擦, 则小木块的质量为 _____; 要使小木块刚好要离开小车的左壁, 小车的加速度的大小是 _____.



16. 哈勃望远镜绕地球做匀速圆周运动, 它的轨道距地面的高度设为 H , 地球的半径为 R , 地面附近的重力加速度为 g . 则哈勃望远镜的加速度大小为 _____; 绕地球运行一周的时间为 _____.

17. 由于故障热气球以速度 v 匀速竖直下降, 为了防止气球着地时发生危险, 着地时的速度必须小于 $\frac{v}{3}$. 设热气球的总质量为 M , 气球下降过程中受到的浮力和阻力大小都不变, 在热气球降到距地面的高度为 h 时, 气球开始匀减速下降的加速度大小应为 _____; 为此须从气球的吊篮内扔出质量为 _____ 的物体.

18. 质量为 $5 \times 10^3 \text{kg}$ 的汽车在恒定牵引力作用下在水平路面上由静止开始运动, 行驶一段时间后关闭发动机, 之后汽车滑行一段距离后停止. 上述过程的速度图像如图10所示. 根据图像可知, 汽车的牵引力 $F=$ _____; 汽车运动过程中克服阻力作的功为 _____ J.

密封线内不要答题

题
答
要
不
内
线
封
密

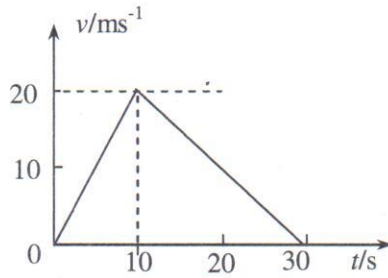


图 10

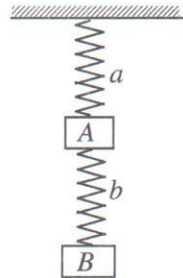


图 11

19. 如图 11 所示, 物体 A、B 的质量均为 m , 两者间用轻质弹簧 b 相连接, 再用轻质弹簧 a 将 A 和 B 一起吊起, 处于静止状态, 轻质弹簧 a 和 b 的劲度系数均为 k . 现将物体 B 向上缓慢托起, 直至弹簧 a 恢复到原长, 在此过程中物体 A 的重力势能增加量为_____; 物体 B 的重力势能增加量为_____.

三、证明和计算题 (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.

得分

20. (13 分) 一辆客车停靠在路边, 一辆卡车以 72km/h 的速度匀速行驶超过客车. 以卡车超过客车的时刻开始计时, 2min 后客车启动作匀加速运动, 直至达到 90km/h 后速度保持不变, 12min 时刻客车追上卡车. 求: 客车做匀加速运动时的加速度的大小和匀加速运动的时间.

得分

21. (17 分) 舰模小组对自制的舰船模型进行试航, 已知舰船模型的质量为 12kg, 在平静的湖面上沿直线航行, 从起动后经过 70s 关闭电动机, 测得舰船模型的 $v-t$ 图如图 12 所示. 设水对舰船模型的阻力大小保持不变. 试由图求: (1) 舰船模型在 40-70s 时间内电动机输出的平均功率. (2) 在 0-30s 时间内舰船模型电动机输出的平均功率.

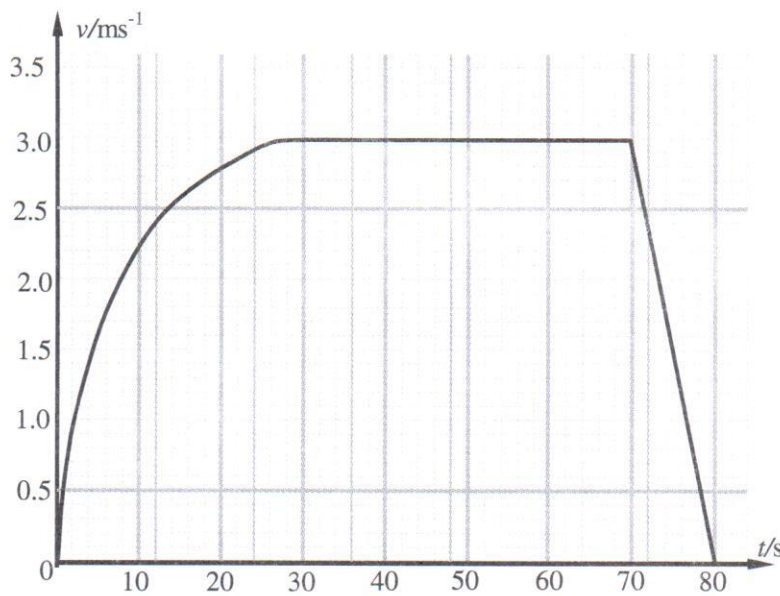


图 12

得分

22. (17分) 如图 13 所示, 截面为等腰梯形 $ABCD$ 的防洪道, 深为 H , 底宽 CD 为 $\frac{H}{4}$, 倾斜的护坡与水平面的夹角为 α ($\sin \alpha = 0.8$). 一位同学从 A 处向护坡 BC 水平抛出一个石子, 要使石子能够到达对岸的 C 处, 石子抛出的初速度 v_0 为多少? 如果以 $\sqrt{2}v_0$ 的初速抛出石子, 石子将落在护坡 BC 上某处, 该处距 C 点的距离是多少?

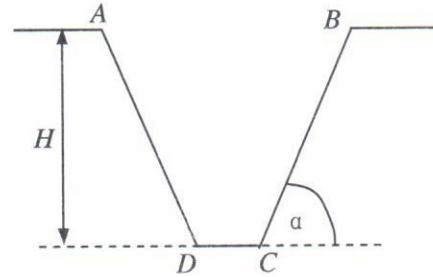


图 13

得分

23. (19分) 如图 14 所示, 一只质量为 $2m$ 的箱子放在水平地面上, 箱内两个物体 A 、 B 质量均为 m , A 、 B 之间用轻弹簧相连接, 再分别用竖直

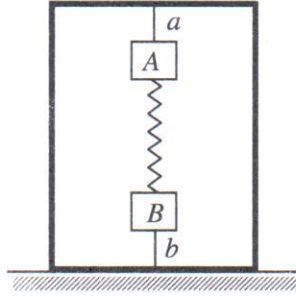


图 14

细线 a 、 b 系在箱内. 现将细线 b 剪断, 若剪断瞬间物体 B 的加速度为 g , 方向竖直向上. 求:

- (1) 剪断 b 线前箱子对地面的压力.
- (2) 剪断 b 线瞬间箱子对地面的压力.
- (3) 试定性分析剪断 b 线后物体 B 向上运动的过程中, 箱子对地面压力的变化情况, 并计算压力大小的变化范围.

提示: 弹簧的弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$, k 为弹簧的劲度系数, x 为弹簧的形变量.

密封线内不要答题

第 25 届北京市高中力学竞赛预赛试卷参考答案

(北京四中杯)

(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)

2012 年 5 月 6 日

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
答案	D	ACD	BC	C	D	BD	AD	BD	ABC	D	BC

每小题全选对的得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 错选或不答的均得 0 分.

二、填空题 (共 40 分, 每小题 5 分) (每小题中前一空 2 分, 后一空 3 分.)

12. 1.18; 2.34; 13. \sqrt{gh} ; $4h$; 14. $2v$; $\sqrt{5}v$; 15. $\frac{F_2 - F_1}{a}$; $\frac{F_2}{F_2 - F_1}a$;

16. $\frac{R^2 g}{(R+H)^2}$; $\frac{2\pi}{R} \sqrt{\frac{(R+H)^3}{g}}$; 17. 大于 $\frac{4v^2}{9h}$; 大于 $\frac{4v^2 M}{4v^2 + 9hg}$; 18. 1.5×10^4 N;

1.5×10^6 J; 19. $\frac{2m^2 g^2}{k}$; $\frac{4m^2 g^2}{k}$

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.

20. (13 分)

设客车做匀加速运动的加速度为 a , 加速时间为 t , 从卡车超过客车到客车追上卡车,

卡车运动位移 $x_1 = v_1 t = 20 \times 720$ (2 分)

客车运动位移 $x_2 = \frac{1}{2} a t^2 + 25(600 - t)$ (2 分)

有 $\frac{1}{2} a t^2 + 25(600 - t) = 20 \times 720$ (2 分)

且 $at = 25$ (3 分)

解得 $t = 48\text{s}$ (2 分)

客车的加速度 $a = 0.52\text{m/s}^2$ (2 分)

21. (17 分)

关闭电动机后, 舰船模型只在水的阻力作用下做减速运动, 加速度的大小为

$$a = \frac{v-0}{\Delta t} = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ m/s}^2 \quad (2 \text{ 分})$$

水阻力大小为 $F_f = ma = 3.6 \text{ N}$ (2 分)

在 40-70s 时间内舰船模型做匀速运动, 电动机的动力大小等于水的阻力, 电动机的平均功率等于瞬时功率, 为 $P_1 = F_f v = 10.8 \text{ W}$. (3 分)

由 $v-t$ 图下所围面积可求得 0-30s 内舰船模型通过的位移约为 $s = 69.6 \text{ m}$. ($\pm 2 \text{ m}$) (3 分)

在这段时间内电动机所做的功 $W = \frac{1}{2}mv^2 + F_f s = 304 \text{ J}$ (4 分)

平均功率为 $P = \frac{W}{t} = 10.1 \text{ W}$ ($\pm 0.3 \text{ W}$) (3 分)

23. (17 分)

石子做平抛运动打到 C 点, 石子的竖直位移为 H , 水平位移为 $H \cot \alpha + \frac{H}{4}$ (2 分)

根据平抛运动规律有

$$H = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$H \cot \alpha + \frac{1}{4}H = v_0 t$$

解得 $v_0 = \frac{1}{2}\sqrt{2gH}$ (3 分)

石子以 $\sqrt{2}v_0$ 的初速抛出, 落到护坡 BC 上的 E 点, 建立如图所示坐标, 有

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$x = \sqrt{2}v_0 t = \sqrt{gH}t$$

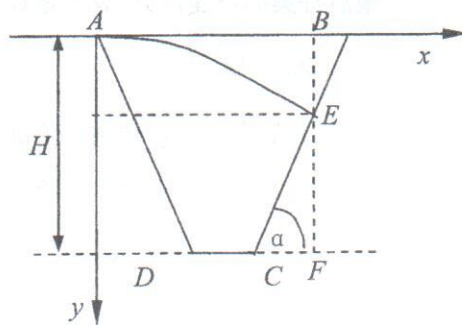
石子落到护坡上 E 点的几何条件 $\tan \alpha = \frac{EF}{CF}$

由 $CF = x - (H \cot \alpha + \frac{H}{4}) = x - H$

$$\tan \alpha = \frac{EF}{CF} = \frac{H-y}{x-H} = \frac{4}{3} \quad (3 \text{ 分})$$

解得 $x = \frac{\sqrt{58}-4}{3}H$ (另一根舍去) (3 分)

落点到 C 的距离为 $L = \frac{x-H}{\cos \alpha} = \frac{5\sqrt{58}-35}{9}H$ (2 分)



24. (19分)

(1) 剪断细线前箱子对地面的压力等于箱子和 A 、 B 物体的重力之和, 为 $4mg$. (2分)

(2) 剪断细线 b 的瞬间, b 线对箱子向上的拉力突然变为零, 弹簧的伸长量尚未变化, a 线对箱子的拉力不变, B 受重力和弹簧的拉力 F_1 , 加速度大小为 g 、方向竖直向上, 有

$$F_1 - mg = mg \quad (2分)$$

解得弹簧对 B 的拉力 $F_1 = 2mg$

物体 A 所受细线的拉力为 $F_a = F_1 + mg = 3mg$

箱子对地面的压力等于支持力, $F_N = 2mg + F_a = 5mg$ (4分)

(3) 剪断细线 b 后, B 物体上升的过程中, 弹簧对 A 物体的拉力逐渐减小, a 线对箱子的拉力也逐渐减小, 因此箱子对地面的压力逐渐减小。 (4分)

剪断 b 线的瞬间, 箱子对地面的压力最大为 $5mg$ 。设此时弹簧的伸长量为 x_1 , 有 $kx_1 = 2mg$ 。

物体 B 向上运动, 弹簧的伸长量减小, 甚至变到被压缩状态, 直到 B 的速度变为 0 时, 设弹簧的压缩量为 x_2 , 假设此时物体 A 速度仍为 0, 由机械能守恒定律, 有

$$\frac{1}{2}kx_1^2 = mg(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}kx_2^2$$

解得 $x_2 = 0$

即此时弹簧恰好恢复到原长, 对物体 A 无弹力作用, 故物体 A 速度仍为 0 的假设成立。

细线对物体 A 的拉力为 $F_a' = mg$ 4 (4分)

故箱子对地面的最小压力为 $F_N' = 2mg + F_a' = 3mg$ 。箱子对地面的压力的变化范围为 $5mg$ 到 $3mg$ 。 21 (3分)