

本试卷共8页，共100分。考试时长90分钟。考生务必将答案答在答题纸上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

第一部分

本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

1. 如图 1 所示，用网兜把足球挂在竖直墙壁上的  $A$  点，静止时球与墙壁的接触点为  $B$  点。不计墙壁摩擦以及绳和网兜所受的重力。下列说法正确的是

- A.  $AC$  绳的拉力可能小于球所受的重力
- B.  $AC$  绳的拉力一定大于球所受的重力
- C.  $AC$  绳的拉力一定大于墙壁对球的支持力
- D. 墙壁对球的支持力一定大于球所受的重力

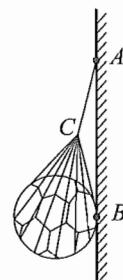


图 1

2. 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播，某时刻的波形如图 2 所示。在该时刻，关于图中质点  $P$ ，下列说法正确的是

- A. 加速度沿  $y$  轴正方向
- B. 加速度沿  $y$  轴负方向
- C. 速度沿  $y$  轴正方向
- D. 速度沿  $y$  轴负方向

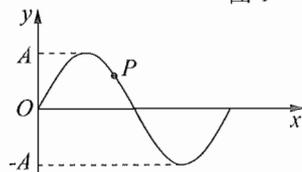


图 2

3. 如图 3 所示，修正带的核心部件是两个半径不同的齿轮，两个齿轮通过相互咬合进行工作， $A$  和  $B$  分别为两个齿轮边缘处的点。若两齿轮匀速转动，下列说法正确的是

- A.  $A$ 、 $B$  两点的角速度大小相等
- B.  $A$ 、 $B$  两点的角速度大小不等
- C.  $A$ 、 $B$  两点的向心加速度大小相等
- D.  $A$ 、 $B$  两点的向心加速度大小不等

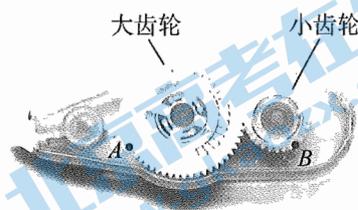


图 3

4. 用图 4 所示装置研究摩擦力的变化规律，把木块放在固定的水平长木板上，在弹簧测力计的指针左侧轻放一个小纸团，它可以被指针推动。用弹簧测力计水平向右拉木块，使拉力由零缓慢增大，直至木块刚开始运动。关于该实验，下列说法正确的是

- A. 木块开始运动前，其受到的摩擦力大于弹簧测力计示数
- B. 木块开始运动前，其受到的摩擦力小于弹簧测力计示数
- C. 当弹簧测力计示数达到某一数值，木块刚开始移动时，纸团与指针分离
- D. 指针左侧小纸团的作用是标记滑动摩擦力大小

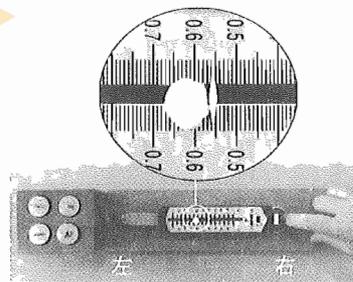


图 4

5. 某航拍仪从地面由静止启动，在升力作用下匀加速竖直向上起飞。当上升到一定高度时，航拍仪失去动力。假设航拍仪在运动过程中沿竖直方向运动且机身保持姿态不变，其  $v-t$  图像如图 5 所示。由此可以判断

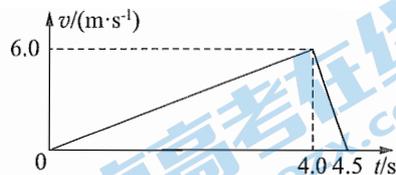


图 5

- A.  $t=4.0\text{s}$  时，航拍仪离地面最远  
 B.  $t=4.5\text{s}$  时，航拍仪回到地面  
 C. 航拍仪在运动过程中上升的最大高度为  $12\text{m}$   
 D. 航拍仪在上升过程中加速度最大值为  $12\text{m/s}^2$
6. 2020 年 9 月 4 日，我国在酒泉卫星发射中心利用长征二号 F 运载火箭成功发射一型可重复使用的试验航天器，图 6 为此发射过程的简化示意图。航天器先进入圆轨道 1 做匀速圆周运动，再经椭圆轨道 2，最终进入圆轨道 3 做匀速圆周运动。轨道 2 分别与轨道 1、轨道 3 相切于 P 点、Q 点。下列说法正确的是

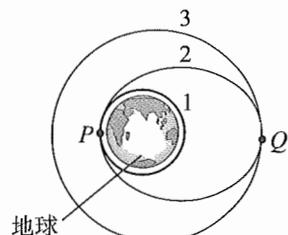


图 6

- A. 航天器在轨道 1 的运行周期小于其在轨道 3 的运行周期  
 B. 航天器在轨道 2 上从 P 点运动到 Q 点过程中，速度越来越大  
 C. 航天器在轨道 2 上从 P 点运动到 Q 点过程中，地球的万有引力对其做负功  
 D. 航天器在轨道 1 上运行的加速度小于其在轨道 3 上运行的加速度
7. 某同学在“探究加速度与物体受力的关系”实验中，使用了如图 7 甲所示的实验装置。保持小车质量不变，改变砂桶中砂的质量，小车的加速度  $a$  随其所受拉力  $F$  变化图线如图 7 乙所示。对图线未经过原点 O 的原因分析，可能正确的是

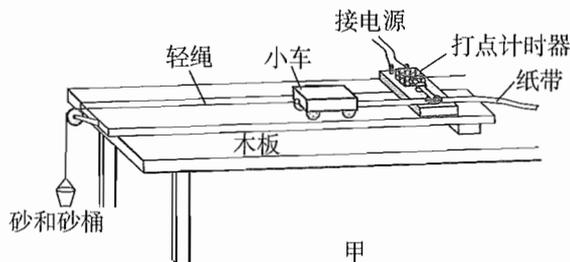


图 7

- A. 平衡小车所受阻力时木板右端垫得过高  
 B. 未将木板右端垫高以平衡小车所受阻力  
 C. 仅用桶中砂的重力来代替小车所受拉力  $F$   
 D. 小车质量未远大于砂和砂桶的总质量
8. 将一个物体竖直向上抛出，若物体所受空气阻力大小与物体速率成正比，图 8 中可能正确反映小球抛出后上升过程中速度  $v$ 、加速度  $a$  随时间  $t$  的变化关系，以及其动能  $E_k$ 、重力势能  $E_p$  随上升高度  $h$  的变化关系的是

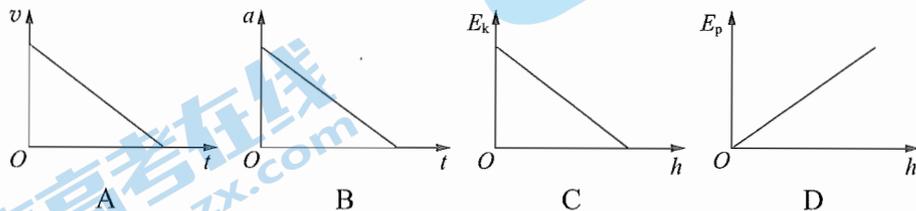


图 8

9. 体积相同的小球  $A$  和  $B$  悬挂于同一高度，静止时，两根轻绳竖直，两球球心等高且刚好彼此接触。如图 9 所示，保持  $B$  球静止于最低点，拉起  $A$  球，将其由距最低点高度为  $h$  处静止释放，两球发生碰撞后分离。两球始终在两悬线所决定的竖直平面内运动，悬线始终保持绷紧状态，不计空气阻力。下列说法正确的是

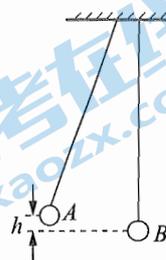


图 9

- A. 两球从碰撞到分离的过程中， $A$  球减少的动能与  $B$  球增加的动能大小一定相等  
 B. 两球从碰撞到分离的过程中， $A$  球动量的变化量与  $B$  球动量的变化量大小一定相等  
 C.  $B$  球上升的最大高度不可能大于  $h$   
 D.  $B$  球上升的最大高度可能小于  $\frac{h}{4}$
10. 美妙的乐音源于发声物体的振动，已知琴弦振动的频率由琴弦质量、长度及其所受张力（沿琴弦方向的弹力）共同决定。小提琴上某根质量为  $m$ 、长度为  $L$  的琴弦，将其两端固定，可以通过拨动使其振动发声，当张力为  $F$  时，琴弦振动的频率为  $f$ 。表中给出了 4 次实验的结果：

次	琴弦质量 $m/\text{kg}$	长度 $L/\text{m}$	张力 $F/\text{N}$	频率 $f/\text{Hz}$
1	0.05	0.900	1.21	1100
2	0.05	0.900	1.44	1200
3	0.05	0.225	1.00	2000
4	0.05	0.100	1.00	3000

下列判断正确的是

- A. 由表中数据可知，可能存在关系：随琴弦质量  $m$  增大，振动的频率  $f$  变大  
 B. 由表中数据可知，可能存在关系：随张力  $F$  增大，振动的频率  $f$  变大  
 C. 分析物理量的量纲，可能存在关系式  $f = k \sqrt{\frac{F}{mL}}$  ( $k$  为无单位常量)  
 D. 分析物理量的量纲，可能存在关系式  $f = k \sqrt{\frac{mF}{L}}$  ( $k$  为无单位常量)

## 第二部分

本部分共 8 题，共 70 分。

11. (5 分) 用单摆测定重力加速度的实验装置如图 10 所示。

(1) 选用合适的器材组装成单摆后，主要步骤如下：

- ① 将单摆上端固定在铁架台上。
- ② 让刻度尺的零刻度线对准摆线的悬点，测摆长  $L$ 。
- ③ 记录小球完成  $n$  次全振动所用的总时间  $t$ 。
- ④ 根据单摆周期公式计算重力加速度  $g$  的大小。

根据图 11 所示，测得的摆长  $L =$  \_\_\_\_\_ cm；

重力加速度测量值表达式  $g =$  \_\_\_\_\_ (用  $L$ 、 $n$ 、 $t$  表示)。

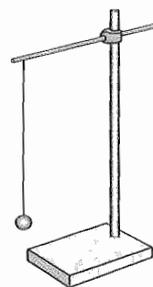


图 10

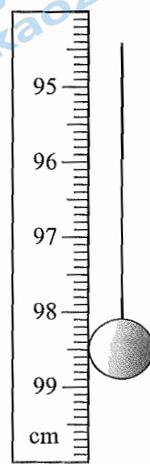


图 11

(2) 为减小实验误差, 多次改变摆长  $L$ , 测量对应的单摆周期  $T$ , 用多组实验数据绘制  $T^2-L$  图像, 如图 12 所示。由图可知重力加速度  $g=$  \_\_\_\_\_ (用图中字母表示)。

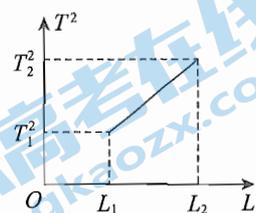


图 12

(3) 关于实验操作或结果分析, 下列说法正确的是 \_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 测量摆长时, 要让小球静止悬挂再测量
- B. 摆长一定的情况下, 摆的振幅越大越好
- C. 多次改变摆线长  $l$ , 测量多组对应的 50 次全振动时间  $t$ , 通过绘制的  $t^2-l$  关系图线也可以测定重力加速度

12. (10 分) 利用图 13 所示装置做“验证机械能守恒定律”实验。已知打点计时器打点周期  $T=0.02s$ , 重力加速度为  $g$ 。

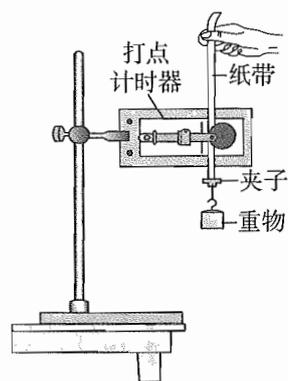


图 13

(1) 甲同学在做实验时进行了如下操作, 其中操作不当的步骤是 \_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 将打点计时器接到直流电源上
- B. 应选体积小、质量大的重物
- C. 释放纸带前, 纸带应保持竖直

(2) 甲同学从打出的纸带中选出符合要求的一条纸带, 如图 14 所示 (其中一段纸带图中未画出)。图中  $O$  点为打出的起始点, 且速度为零。选取在纸带上连续打出的点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  作为计数点。测出  $C$ 、 $D$ 、 $E$  点距起始点  $O$  的距离分别为  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ , 由此可计算出打点计时器打下  $D$  点时重物下落的瞬时速度  $v_D=$  \_\_\_\_\_  $m/s$  (结果保留三位有效数字)。用  $m$  表示重物的质量, 在误差允许的范围内, 若满足表达式  $mgh_2=$  \_\_\_\_\_, 则可认为重物下落过程中机械能守恒 (用给出的已知物理量的符号表示)。

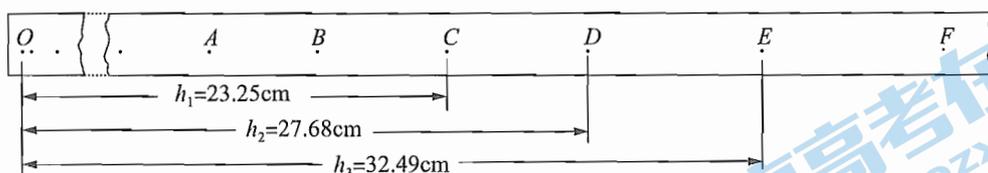


图 14

(3) 乙同学在进行数据处理时不慎将纸带前半部分损坏, 找不到起始点了, 于是他利用剩余的纸带, 用 (2) 中方法进行数据处理并进行验证。如图 15 所示, 重新任选某点为  $O$ , 选取在纸带上连续打出的点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  作为计数点, 测量出  $C$ 、 $D$ 、 $E$  点到  $O$  点的距离分别为  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ , 用 (2) 中表达式进行验证。发现表达式左侧  $mgh_2$  的数值比表达式右侧的数值小了很多, 最可能的原因是 \_\_\_\_\_。

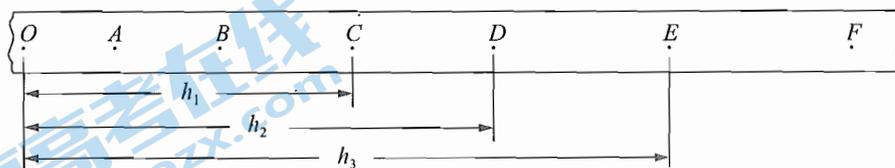


图 15

- (4) 丙同学设想采用另一种方法研究机械能是否守恒：在图 15 中的纸带上，先分别测量出从  $O$  点到  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  点的距离  $h$ ，再计算对应  $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  各点的重物速度  $v$ 。请帮助丙同学在图 16 中画出  $v^2-h$  图像的示意图，并说明如何利用该图像判断重物下落过程中机械能是否守恒。

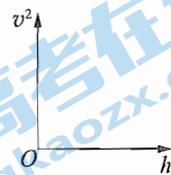


图 16

13. (8 分) 如图 17 所示，一个质量  $m = 2.0 \text{ kg}$  的物体放在水平地面上。对物体施加一个水平拉力  $F = 10 \text{ N}$ ，使物体做初速度为零的匀加速直线运动。已知物体与水平地面间的动摩擦因数  $\mu = 0.20$ ，取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

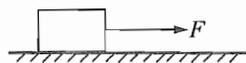


图 17

- (1) 求物体运动的加速度大小  $a$ ;
- (2) 求物体在  $2.0 \text{ s}$  时的速率  $v$ ;
- (3) 若经过  $2.0 \text{ s}$  后撤去拉力  $F$ ，求撤去拉力后物体可以滑行的最大距离  $x$ 。

14. (8 分) 某款儿童滑梯如图 18 所示，其滑面可视为与水平地面夹角  $\theta = 37^\circ$  的平直斜面，滑面顶端距离地面高度  $h = 3.0 \text{ m}$ 。一质量  $m = 20 \text{ kg}$  的儿童从滑面顶端由静止开始下滑至底端，已知儿童与滑梯间的动摩擦因数  $\mu = 0.30$ ，儿童沿滑面下滑的过程，可以看做质点沿斜面直线运动。已知  $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，忽略空气阻力的影响。求：

- (1) 儿童下滑过程中，所受摩擦力的大小  $f$ ;
- (2) 儿童下滑的整个过程中，重力对其做的功  $W$ ;
- (3) 儿童下滑至底端时，重力的瞬时功率  $P$ 。

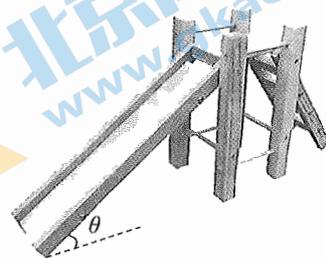


图 18

15. (8分) 如图19所示, 一根长为 $L$ 不可伸长的轻绳一端固定于 $O$ 点, 另一端系有一质量为 $m$ 的小球(可视为质点), 小球在竖直平面内以 $O$ 点为圆心做圆周运动。已知重力加速度为 $g$ , 忽略空气阻力的影响。

- (1) 若小球经过圆周最高点 $A$ 点时速度大小 $v_0 = \sqrt{2gL}$ , 求:
- 小球经过圆周最低点 $B$ 点时的速度大小 $v$ ;
  - 小球从 $A$ 点运动至最低点 $B$ 点过程中, 其所受合外力的冲量大小 $I$ 。
- (2) 若轻绳能承受的最大拉力为 $F_m = 9mg$ , 当小球运动到最低点 $B$ 点时绳恰好被拉断。已知 $B$ 点距水平地面的高度为 $h$ (图中未画出), 求小球落地点与 $B$ 点之间的水平距离 $x$ 。

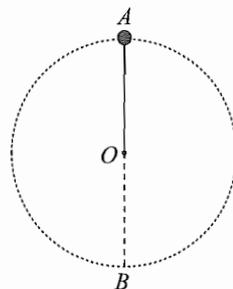


图 19

16. (9分) 2020年12月17日, 嫦娥五号返回器携带月球样品在预定区域安全着陆, 探月工程取得圆满成功。若已知月球质量为 $M_{月}$ , 月球半径为 $R_{月}$ , 地球质量为 $M_{地}$ , 地球半径为 $R_{地}$ , 月球中心与地球中心的距离为 $L$ , 引力常量为 $G$ 。在以下问题的讨论中, 将地球、月球均视为质量分布均匀的球体, 不考虑月球和地球自转的影响。

- (1) 嫦娥五号带回了月球样品, 某样品在月球表面附近所受重力大小为 $F_{月}$ , 在地球表面附近所受重力大小为 $F_{地}$ , 求比值 $F_{月}/F_{地}$ 的表达式。
- (2) 若将月球绕地球的公转视为一个质点绕地球做匀速圆周运动, 其公转周期为 $T$ 。
- 请写出月球绕地球公转的向心加速度 $a$ 与 $T$ 之间的关系式。
  - 经查阅资料, 可知地球半径约为 $R_{地} = 6400 \text{ km}$ , 月球与地球中心的距离 $L$ 约为地球半径 $R_{地}$ 的60倍, 取地球表面附近自由落体加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

牛顿在思考行星间的引力时, 猜想“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律, 最终他利用“月—地检验”证实了自己的猜想。根据牛顿的猜想, 推导并写出月球受地球引力产生的加速度 $a'$ 的表达式(用 $g$ 、 $R_{地}$ 、 $L$ 表示); 为确定牛顿的猜想是否正确, 请写出还需查阅本题信息中哪个物理量的具体数值。

17. (10分) 如图 20 所示, 把一个质量为  $m$ 、有小孔的小球连接在劲度系数为  $k$  的轻质弹簧的一端, 弹簧的另一端固定, 小球套在光滑的杆上, 小球和弹簧组成的系统称为弹簧振子。开始时弹簧处于原长, 在小球运动过程中弹簧形变始终在弹性限度内, 忽略空气阻力的影响。

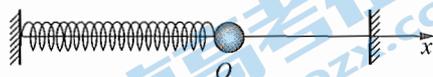


图 20

- (1) 把小球拉向右方, 然后由静止释放, 小球将在平衡位置附近往复运动。若以小球的平衡位置为坐标原点  $O$ , 以水平向右为正方向建立坐标轴  $Ox$ , 用  $x$  表示小球在平衡位置附近往复运动的位移。

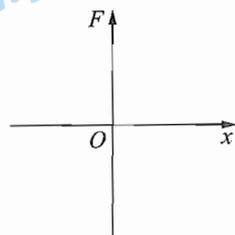


图 21

- 请在图 21 中画出弹簧弹力  $F$  随  $x$  变化的示意图;
- 已知小球经过平衡位置时速度大小为  $v$ , 求小球静止释放后第一次运动至平衡位置的过程中, 弹簧弹力对小球做的功  $W$ 。

- (2) 让静止在平衡位置的小球突然获得向左的初速度, 开始在平衡位置附近振动。已知振动

过程的振幅为  $A$ , 弹簧振子的振动周期  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 。为了求得小球获得的初速度大小  $v_1$ , 某同学的解法如下:

设向左压缩弹簧过程中弹簧的平均作用力大小为  $F$ ,

由动能定理可知 
$$-F \cdot A = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad \text{①}$$

由动量定理可知 
$$-F \cdot t = 0 - mv_1 \quad \text{②}$$

小球由平衡位置向左运动压缩弹簧至最短的过程所用时间

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{③}$$

联立①②③式, 可得

$$v_1 = \frac{2A}{t} = \frac{4A}{\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

- 请指出这位同学在求解过程中的错误;
- 借助  $F-x$  图像可以确定弹力做功的规律, 在此基础上, 请正确求解出小球初速度大小  $v_1$ ;
- 弹簧振子在运动过程中, 求弹簧弹力对小球做正功时, 其瞬时功率  $P$  的最大值。

18. (12分) 追寻守恒量是物理学的重要研究内容, 在高中阶段我们探索守恒量时, 除了实验手段, 也常借助已有理论来进行分析。已知重力加速度为  $g$ 。

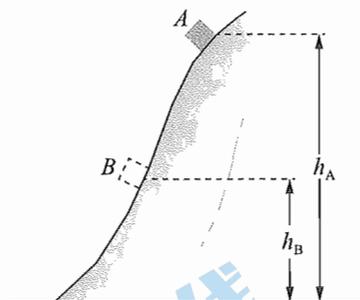


图 22

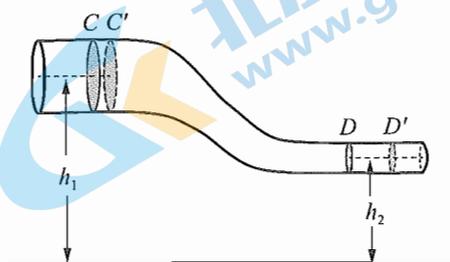


图 23

(1) 如图 22 所示,  $A$  和  $B$  两位置分别距离地面高度为  $h_A$  和  $h_B$ , 质量为  $m$  的物体 (可视为质点) 在  $A$  和  $B$  两位置的速度大小分别为  $v_A$  和  $v_B$ 。

- a. 以地面为参考平面, 分别写出物体在  $A$  和  $B$  两位置的机械能  $E_A$  和  $E_B$ ;
- b. 利用动能定理和重力做功的特点, 证明沿光滑曲面下滑的物块在  $A$  位置的机械能与在  $B$  位置的机械能相等。

(2) 供暖系统、自来水系统都是通过管道运送液体的。管内液体稳定流动时具有这样的特点:

- ①管内各处液体体积无法压缩且密度均相同;
- ②管内各处液体流速不随时间改变。

如图 23 所示, 选取横截面  $C$  和横截面  $D$  之间的液体为研究对象, 当  $C$  处液体流动很小一段距离, 到达  $C'$  时,  $D$  处液体正好流动到  $D'$  处。已知液体密度为  $\rho$ ,  $C$  处的压强为  $p_1$ 、流速为  $u_1$ 、高度为  $h_1$ ,  $D$  处的压强为  $p_2$ 、流速为  $u_2$ 、高度为  $h_2$ ,  $C$  处管道半径为  $R$ ,  $C$  与  $C'$  间距离为  $d$ , 且  $R$ 、 $d$  均远远小于  $h_2$ 。不计管道对液体的阻力, 不考虑液体的黏滞性。在  $C$ 、 $D$  间的液体流动至  $C'$ 、 $D'$  的过程中

- a. 求横截面  $C$  左侧液体对研究对象所做的功  $W_1$ ;
- b. 求重力对研究对象所做的功  $W_G$ ;
- c. 研究表明, 可运用动能定理对  $C$ 、 $D$  间的液体进行分析。请依据动能定理探索压强  $p$ 、流速  $u$ 、高度  $h$  是否也存在着某种守恒的关系。若存在, 请写出关系式; 若不存在, 请说明理由。

## 高三物理

2021.11

第一部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是符合题意的，有的题有多个选项是符合题意的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	BC	BC	BD	C	D	AC	AC	D	BD	BC

第二部分共 8 题，共 70 分。

11. (5 分)

(1) 98.50;  $\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$

(2)  $\frac{4\pi^2(L_2 - L_1)}{T_2^2 - T_1^2}$

(3) AC

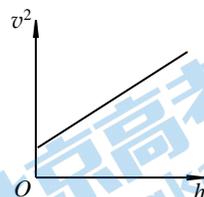
12. (10 分)

(1) A

(2) 2.31;  $\frac{m(h_3 - h_1)^2}{8T^2}$

(3) 表达式右侧应为从打下  $O$  点到打下  $D$  点的过程中重物动能的增加量，而打下  $O$  点时速度的速度不为 0，表达式右侧漏减了打下  $O$  点时速度的动能，导致右侧动能的增加量偏大。

(4) 如答图 1；计算该图线的斜率，若图线为一条斜率接近  $2g$  的直线，则可验证重物下落过程中机械能守恒。



答图 1

13. (8 分)

(1) 物体在水平面内做匀加速直线运动，设摩擦力为  $f$ ，

根据牛顿第二定律

$$F - f = ma$$

物体运动过程中所受摩擦力

$$f = \mu N$$

得

$$a = 3 \text{ m/s}^2$$

(2) 根据速度公式

$$v = at$$

得

$$v = 6 \text{ m/s}$$

(3) 撤掉拉力  $F$  后，物体做匀减速直线运动，设撤掉拉力后的加速度为  $a_1$ ，

根据牛顿第二定律

$$-\mu mg = ma_1$$

得

$$a_1 = -2 \text{ m/s}^2$$

根据速度与位移关系的表达式  $0 - v^2 = 2a_1 x$

得

$$x = 9 \text{ m}$$

14. (8分)

(1) 儿童下滑时受到的摩擦力为  $f = \mu mg \cos \theta$   
得  $f = 48 \text{ N}$

(2) 根据功的定义有  $W = mgh$   
得  $W = 600 \text{ J}$

(3) 根据动能定理  $mgh - \frac{fh}{\sin \theta} = \frac{1}{2} mv^2$

得  $v = 6 \text{ m/s}$

根据瞬时功率的定义  $P = mg \cdot v \cdot \sin \theta$

得  $P = 720 \text{ W}$

15. (8分)

(1) a. 小球从最高点 A 运动至最低点 B 过程中

根据动能定理  $2mgL = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$

得  $v = \sqrt{6gL}$

b. 小球从最高点 A 运动至最低点 B 过程中, 所受合外力为变力。取  $v_0$  方向为正方向, 根据动量定理

$$I = m(-v) - mv_0$$

得  $I = -m(\sqrt{6gL} + \sqrt{2gL})$

所受合外力冲量大小  $I = m(\sqrt{6gL} + \sqrt{2gL})$

(2) 设当绳子恰好被拉断时, 小球在最低点 B 的速度为  $v_B$ , 此时小球受力

分析如图所示, 有  $F_m - mg = m \frac{v_B^2}{L}$

得  $v_B = 2\sqrt{2gL}$  ①

当绳断瞬间, 小球从最低点 B, 以初速度  $v_B$  水平飞出, 做平抛运动直至落地。

设小球做平抛运动的时间为  $t$ , 有

水平方向  $x = v_B t$  ②

竖直方向  $h = \frac{1}{2} gt^2$  ③

联立①②③式, 得  $x = 4\sqrt{hL}$



16. (9分)

(1) 设样品质量为  $m$ ,

样品在月球表面附近有  $F_{\text{月}} = G \frac{M_{\text{月}} m}{R_{\text{月}}^2}$

样品在地球表面附近有  $F_{\text{地}} = G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2}$

得  $\frac{F_{\text{月}}}{F_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{月}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R_{\text{地}}^2}{R_{\text{月}}^2}$

(2) a. 月球绕地球做匀速圆周运动, 设月球绕地球做匀速圆周运动的线速度为  $v$ 。

根据加速度定义式和线速度  $v$  与周期  $T$  的关系式

有 
$$a = \frac{v^2}{L} \text{①}; v = \frac{2\pi L}{T} \text{②}$$

联立①②得 
$$a = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \text{③}$$

b. 根据牛顿的猜想，即“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵从同样的规律，设苹果质量为  $M_{\text{苹}}$

得 
$$G \frac{M_{\text{地}} M_{\text{月}}}{L^2} = M_{\text{月}} a' \text{④}$$

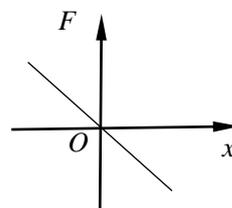
$$G \frac{M_{\text{地}} M_{\text{苹}}}{R_{\text{地}}^2} = M_{\text{苹}} g \text{⑤}$$

联立④⑤式得 
$$a' = \left(\frac{R_{\text{地}}}{L}\right)^2 \cdot g \text{⑥}$$

为确定牛顿的猜想是否正确，需比较通过③和⑥式计算出的月球加速度  $a$  与  $a'$  是否相等，由于  $g$ 、 $R_{\text{地}}$ 、 $L$  数值题目中均已给出或可以间接求得，所以还需要查阅月球公转周期  $T$  的具体数值。

17. (10分)

(1) a. 由弹力  $F$  与  $x$  关系式  $F = -kx$ ，可知  $F$  随  $x$  变化的示意图如答图 2。



答图 2

b. 小球静止释放后第一次运动到平衡位置的过程中弹簧弹力对小球做的功  $W$ ，由动能定理

得 
$$W = \frac{1}{2}mv^2$$

(2) a. 在用动能定理和动量定理列式过程中，两次平均力的物理意义不同，①式动能定理中的平均力  $F$  是合力对位移的平均值，②式动量定理中的平均力  $F$  是合力对时间的平均值，联立①②式，不能求得  $v_1 = \frac{2A}{t}$ 。

b. 由  $F$  随  $x$  图像可知，静止释放后第一次运动到平衡位置的过程中，弹簧弹力对小球做的功

$$W_{\text{弹}} = \frac{1}{2}kA^2$$

由动能定理可知

$$W_{\text{弹}} = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0$$

得

$$v_1 = A\sqrt{\frac{k}{m}}$$

c. 弹簧振子在运动过程中，当振动位移为  $x$  时的速度大小为  $v_x$ ，由机械能守恒定律可知

$$\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv_x^2$$

得

$$v_x = \sqrt{\frac{k}{m}(A^2 - x^2)}$$

当振动位移为  $x$  时，弹簧对小球做功的瞬时功率为  $P = kx \cdot v_x$

整理得

$$P = k\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{x^2(A^2 - x^2)}$$

可知，当  $x^2 = A^2 - x^2$  时，即  $x = \frac{\sqrt{2}}{2}A$  时，功率  $P$  最大

$$P_m = \frac{1}{2}kA^2\sqrt{\frac{k}{m}}$$

18. (12分)

(1) a. 以地面为参考平面,

$$\text{物体在 } A \text{ 位置的机械能 } E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$

$$\text{物体在 } B \text{ 位置的机械能 } E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

b. 物体从  $A$  位置运动到  $B$  位置, 重力做功

$$W_G = mgh_A - mgh_B$$

根据动能定理, 合外力做功  $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$

从  $A$  位置运动到  $B$  位置, 由于曲面光滑, 仅有重力做功

$$\text{即 } W_{\text{合}} = W_G$$

$$\text{因此 } mgh_A - mgh_B = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\text{可得 } \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

即物体在  $A$  位置的机械能与在  $B$  位置的机械能相等。

(2) a. 横截面  $C$  左侧液体对研究对象所做的功

$$W_1 = Fs = p_1\pi R^2d$$

b.  $C$ 、 $D$  间液体流动至  $C'$ 、 $D'$  间, 可等效为  $C'$ 、 $D$  间液体位置不变,  $C$ 、 $C'$  间液体流动至  $D$ 、 $D'$  间。  $C$ 、 $C'$  间液体质量  $\Delta m = \rho\pi R^2d$ 。重力对研究对象所做的功

$$W_G = \Delta mg \cdot \Delta h = \rho\pi R^2dg(h_1 - h_2)$$

c. 在相同的时间内, 流过  $C$  处截面水的体积与流过  $D$  处截面水的体积  $\Delta V$  相同。

$$\text{由 } C、C' \text{ 间液体体积 } \Delta V = \pi R^2d$$

$$\text{可知 } W_1 = p_1\Delta V$$

设  $D$  处管道面积为  $S_2$ ,  $D$ 、 $D'$  间距离为  $x$ ,

$$\text{则 } D、D' \text{ 间液体体积 } S_2x = \pi R^2d$$

横截面  $D$  右侧液体对研究对象所做的功

$$W_2 = -p_2S_2x = -p_2\pi R^2d = -p_2\Delta V$$

$$\text{由动能定理, 合外力做功 } \Sigma W = \frac{1}{2}\Delta mu_2^2 - \frac{1}{2}\Delta mu_1^2$$

$$\text{即 } \rho\Delta Vg(h_1 - h_2) + p_1\Delta V - p_2\Delta V = \frac{1}{2}\rho\Delta Vu_2^2 - \frac{1}{2}\rho\Delta Vu_1^2$$

$$\text{整理得 } \rho gh_1 - \rho gh_2 + p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho u_2^2 - \frac{1}{2}\rho u_1^2$$

所以压强  $p$ 、流速  $u$ 、高度  $h$  是满足守恒的关系

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho u_2^2$$

即  $p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho u^2$  为守恒量。

## 关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承 “精益求精、专业严谨” 的建设理念，不断探索 “K12 教育+互联网+大数据” 的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供 “衔接和桥梁纽带” 作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯

官方微信公众号: bjkzx

官方网站: [www.gaokzx.com](http://www.gaokzx.com)

咨询热线: 010-5751 5980

微信客服: gaokzx2018