

# 人大附中 2024 届高三物理 10 月复习检测

命题人：陈若冰

审题人：段宝维 曹荣太

说明：本试卷18道题，共7页，共100分。考试时长90分钟。请在答题卡上填写个人信息，并将条形码贴在答题卡的相应位置上。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，一只小鸟沿着较粗的均匀树枝从右向左缓慢爬行，在小鸟从 A 运动到 B 的过程中

- A. 树枝对小鸟的合作力先减小后增大
- B. 树枝对小鸟的摩擦力先减小后增大
- C. 树枝对小鸟的弹力先减小后增大
- D. 树枝对小鸟的弹力先增大后减小



图 1

2. 外出研学中，小明同学观察到农民用手抛撒谷粒进行播种，他发现，如图 2 (a) 所示，某次抛出的谷粒中有两颗的运动轨迹如图 2 (b) 所示，其轨迹在同一竖直平面内，抛出点均为 O，且轨迹交于 P 点，抛出时谷粒 1 和谷粒 2 的初速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ，其中  $v_1$  方向水平， $v_2$  方向斜向上。忽略空气阻力，关于两谷粒在空中的运动，下列说法正确的是

- A. 谷粒 1 的加速度小于谷粒 2 的加速度
- B. 谷粒 2 在最高点的速度小于  $v_1$
- C. 两谷粒从 O 到 P 的运动时间相等
- D. 谷粒 1 从 O 到 P 的平均速度大



图 (a)

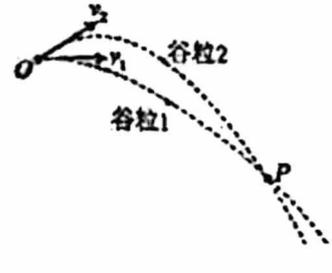


图 2 图 (b)

3. 如图 3 所示，圆盘在水平面内以角速度  $\omega$  绕中心轴匀速转动，圆盘上距轴  $r$  处的 P 点有一质量为  $m$  的小物体随圆盘一起转动。某时刻圆盘突然停止转动，小物体由 P 点滑至圆盘上的某点停止。下列说法正确的是

- A. 圆盘停止转动前，小物体所受摩擦力的方向沿运动轨迹切线方向
- B. 圆盘停止转动前，小物体运动一圈所受摩擦力的冲量大小为  $2m\omega r$
- C. 圆盘停止转动后，小物体沿圆盘半径方向运动
- D. 圆盘停止转动后，小物体整个滑动过程所受摩擦力的冲量大小为  $m\omega r$

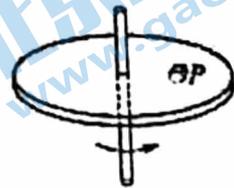


图 3

4. 某实验小组测得在竖直方向飞行的无人机飞行高度  $y$  随时间  $t$  的变化曲线如图 4 所示，E、F、M、N 为曲线上的点，EF、MN 段可视为两段直线，在国际单位制下，其数值分别满足方程  $y=4t-26$  和  $y=-2t+140$ 。无人机及其载物的总质量为  $2\text{kg}$ ，取竖直向上为正方向。则

- A. EF 段无人机的速度大小为  $4\text{m/s}$
- B. FM 段无人机的货物处于失重状态
- C. FN 段无人机和装载物总动量变化量大小为  $4\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- D. MN 段无人机机械能守恒

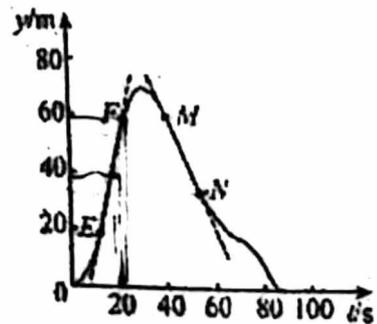


图 4

5. 雨滴在空中下落的过程中, 空气对它的阻力与其下落的速度成正比, 若雨滴下落过程中其质量的变化及初速度的大小均可忽略不计, 以地面为重力势能的零参考面, 从雨滴开始下落时计时, 关于雨滴下落过程中其加速度的大小  $a$ 、动能  $E_k$  以及机械能  $E$  随时间变化的情况, 如图 5 所示的图像中可能正确的是

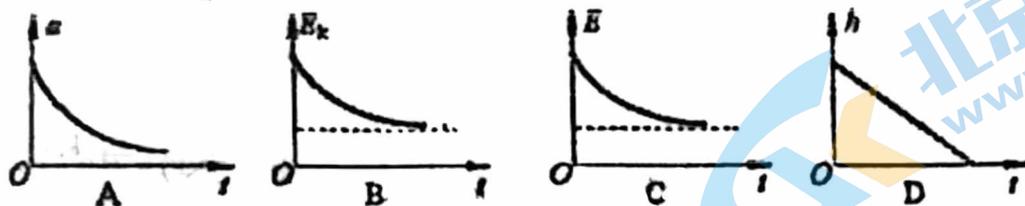


图 5

6. 根据宇宙大爆炸理论, 密度较大区域的物质在万有引力作用下, 不断聚集可能形成恒星。恒星最终的归宿与其质量有关, 如果质量为太阳质量的 1~8 倍将坍缩成白矮星, 质量为太阳质量的 10~20 倍将坍缩成中子星, 质量更大的恒星将坍缩成黑洞。设恒星坍缩后可看成质量均匀分布的球体, 质量不变, 体积缩小。不考虑恒星与其它物体的相互作用。已知逃逸速度为第一宇宙速度的  $\sqrt{2}$  倍, 中子星密度大于白矮星。根据万有引力理论, 下列说法正确的是

- A. 若恒星半径坍缩为原来  $1/2$ , 则密度变为原来 4 倍
- B. 不考虑恒星自转, 同一恒星坍缩后表面重力加速度比坍缩前的大
- C. 恒星坍缩前后的第一宇宙速度不变
- D. 中子星的逃逸速度小于白矮星的逃逸速度

7. “探究加速度与力的关系”的实验装置示意图如图 6 所示。实验中平衡了各种阻力, 如果砂桶(含砂)的质量  $m$  不满足比小车质量  $M$  小得多的条件, 那么, 若保持  $M$  不变, 将  $m$  增大为原来的 2 倍, 不计绳的质量和滑轮摩擦, 在砂桶下落相同高度的过程中, 下列说法正确的是

- A. 小车的加速度小于原来的 2 倍
- B. 绳上的拉力小于原来的 2 倍
- C. 砂桶机械能的减少量小于原来的 2 倍
- D. 砂桶和小车组成的系统损失的机械能比原来多

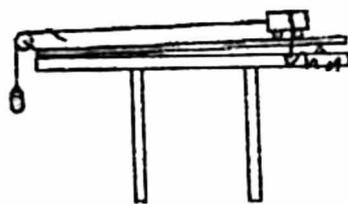


图 6

8. 如图 7 所示, 轻弹簧下端连接一重物, 用手托住重物并使弹簧处于压缩状态。然后手与重物一同缓慢下降, 直至重物与手分离并保持静止。在此过程中, 下列说法正确的是

- A. 弹簧的弹性势能与物体的重力势能之和先减少再增加
- B. 弹簧对重物做的功等于重物机械能的变化量
- C. 重物对手的压力随下降的距离均匀变化
- D. 手对重物做的功一定等于重物机械能的变化量



图 7

9. 滑块以一定的初速度沿粗糙斜面从底端上滑, 到达最高点  $B$  后返回到底端。利用频闪仪分别对上滑和下滑过程进行拍摄, 频闪照片示意图如图 8 所示。与图乙中相比, 图甲中滑块

- A. 受到的合力较小
- B. 经过  $A$  点的动能较大
- C. 在  $A$ 、 $B$  之间的运动时间较短
- D. 在  $A$ 、 $B$  之间克服摩擦力做的功较小

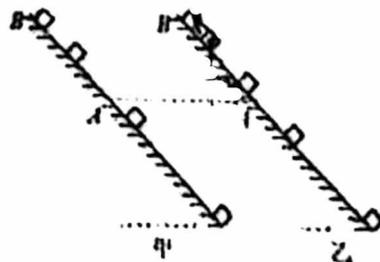


图 8

10. 在某科技活动中, 一位同学设计了一个加速度测量仪。如图 9 甲所示, 将一端连有摆球的细线悬挂于小车内  $O$  点, 小车沿水平方向运动, 小球与小车保持相对静止后, 通过如图 9 乙所示的加速度仪表盘测量出细线与竖直方向的夹角  $\theta$ , 再通过该角度计算得到小车此时的加速度值。重力加速度大小为  $g$ , 不计空气阻力和细线与刻度盘间的摩擦, 下列说法正确的是

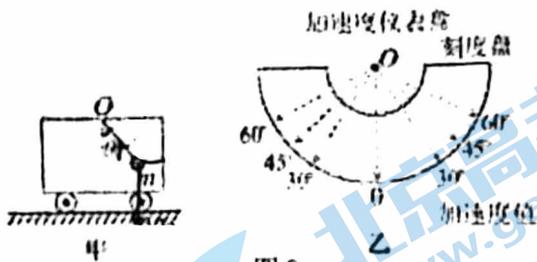


图 9

- A. 当  $\theta=60^\circ$  时, 小车的加速度大小为  $\sqrt{3}g$
- B. 两侧角度相同时表示小车的加速度相同
- C. 若对每一个角度对应的加速度进行标注, 则加速度值越大, 表盘刻度越密集
- D. 加速度越大, 用此加速度计测量得越准确

第二部分

本部分共 8 题, 共 70 分。

11. (8 分) 某同学利用如图 10 所示的实验装置探究物体做直线运动时平均速度与时间的关系。让小车左端和纸带相连。右端用细绳跨过定滑轮和钩码相连。钩码下落, 带动小车运动, 打点计时器打出纸带。某次实验得到的纸带和相关数据如图 11 所示。



图 10

(1) 已知打出图 11 中相邻两个计数点的时间间隔均为  $0.1s$ 。以打出  $A$  点时小车位置为初始位置, 将打出  $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  各点时小车的位移  $\Delta x$  填到表中, 小车发生对应位移和平均速度分别为  $\Delta x$  和  $\bar{v}$ , 表中  $\Delta x_{AD} =$  \_\_\_\_\_  $cm$ ,  $\bar{v}_{AD} =$  \_\_\_\_\_  $cm/s$ 。

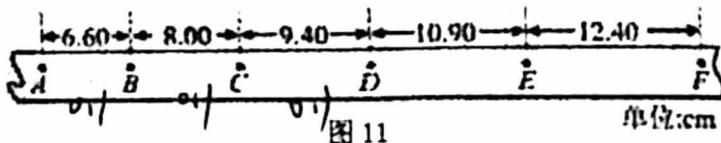


图 11

位移区间	AB	AC	AD	AE	AF
$\Delta x$ (cm)	6.60	14.60	$\Delta x_{AD}$	34.90	47.30
$\bar{v}$ (cm/s)	66.0	73.0	$\bar{v}_{AD}$	87.3	94.6

(2) 根据表中数据得到小车平均速度  $\bar{v}$  随时间  $\Delta t$  的变化关系, 如图 12 所示。在答题卡上的  $\bar{v}-\Delta t$  图中补全实验点。

(3) 从实验结果可知, 小车运动的图线可视为一条直线, 此直线用方程  $\bar{v}=k\Delta t+b$  表示, 其中  $k=$  \_\_\_\_\_  $cm/s^2$ ,  $b=$  \_\_\_\_\_  $cm/s$ 。(结果均保留 2 位有效数字)

(4) 根据 (3) 中的直线方程可以判定小车做匀加速直线运动, 得到打出  $A$  点时小车速度大小  $v_A=$  \_\_\_\_\_, 小车的加速度大小  $a=$  \_\_\_\_\_。(结果用字母  $k$ 、 $b$  表示)

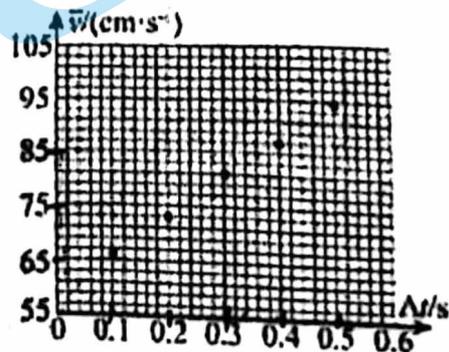


图 12

12. (12分) 用如图13所示的实验装置验证机械能守恒定律。重锤从高处由静止开始下落，重锤上拖着的纸带通过打点计时器，打出一系列的点，对纸带上的点迹进行测量，即可验证机械能守恒定律。已知当地重力加速度为  $g$ 。

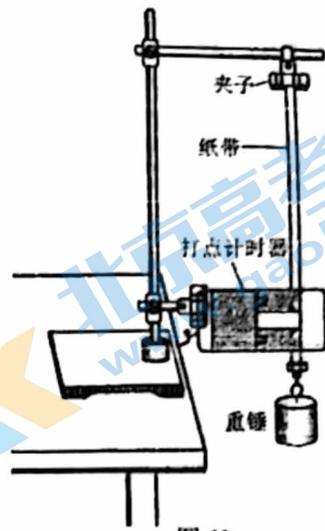


图13

(1) 除图13中所示的装置之外，还必须使用的器材是 ( )

- A. 直流电源、天平(含砝码)
- B. 直流电源、刻度尺
- C. 交流电源、天平(含砝码)
- D. 交流电源、刻度尺

(2) 下面列举了该实验的几个操作步骤:

- A. 按照图13所示安装好实验器材并连接好电源
- B. 先打开夹子释放纸带，再接通电源开关打出一条纸带
- C. 测量纸带上某些点间的距离
- D. 根据测量的结果计算重锤下落过程中减少的重力势能是否等于增加的动能

其中没有必要进行的或者操作不当的步骤是\_\_\_\_\_ (选填步骤前的字母);

(3) 如图14所示，根据打出的纸带，选取纸带上的连续的五个点A、B、C、D、E，通过测量并计算出点A距起始点O的距离为  $s_0$ ，点AC间的距离为  $s_1$ ，点CE间的距离为  $s_2$ ，若相邻两点的打点时间间隔为  $T$ ，重锤质量为  $m$ ，根据这些条件计算重锤从释放到下落OC距离时的重力势能减少量  $\Delta E_p =$ \_\_\_\_\_ 动能增加量  $\Delta E_k =$ \_\_\_\_\_；在实际计算中发现，重锤减小的重力势能总是大于重锤增加的动能，其原因主要是\_\_\_\_\_；

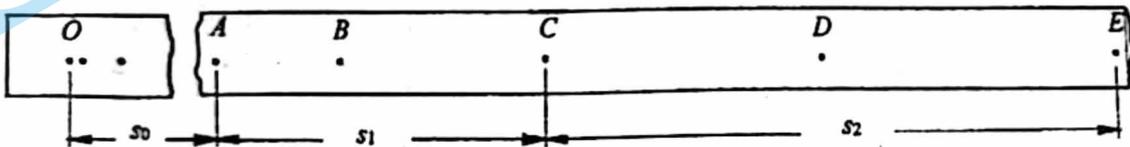


图14

(4) 某同学利用图14中纸带，先分别测量出从A点到B、C、D、E、F、G点的距离  $h$  (其中F、G点为E点后连续打出的点，图中未画出)，再计算打出B、C、D、E、F各点时重锤下落的速度  $v$  和  $v^2$ ，绘制  $v^2-h$  图像，如图15所示，并求得图线的纵轴截距  $b$  和斜率  $k$ 。

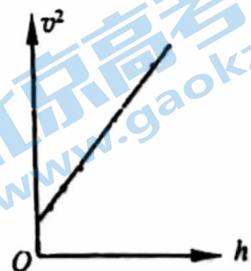


图15

①请说明如何根据图像验证重锤下落过程机械能是否守恒?

②假设上述实验操作中不受一切阻力影响，此时绘制的  $v^2-h$  图线的纵轴截距  $b'$  和斜率  $k'$  与  $b$ 、 $k$  的关系最可能的是 ( )

- A.  $b' > b, k' > k$
- B.  $b' < b, k' = k$
- C.  $b' < b, k' < k$
- D.  $b' = b, k' > k$

(5) 某同学认为要验证机械能守恒，必须选择第1、2两点间距离约为2mm的纸带进行数据处理，你认为他的观点是否正确，请说明理由。

13. (8分) 某款儿童滑梯如图16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  $\mu = 0.30$ , 儿童沿滑梯下滑的过程, 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) 儿童下滑至底端时, 重力的瞬时功率  $P$ ;
- (3) 儿童下滑至底端过程中, 重力的冲量  $I$ 。

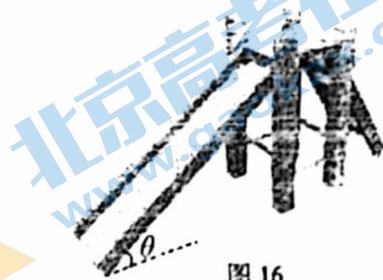


图16

14. (8分) 如图17所示, 光滑水平面 AB 与竖直面内的粗糙半圆形导轨在 B 点平滑相接, 导轨半径为  $R$ 。一个质量为  $m$  的物体将弹簧压缩至 A 点后由静止释放, 在弹力作用下物体获得某一向右速度后脱离弹簧, 它经过 B 点的速度为  $v_1$ , 物体之后沿半圆形导轨运动。重力加速度为  $g$ 。

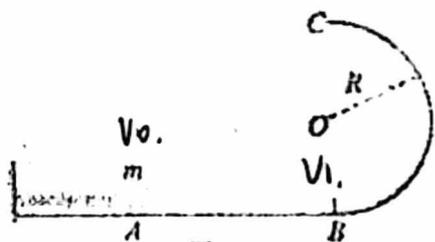


图17

- (1) 求弹簧压缩至 A 点时的弹性势能;
- (2) 若达到 C 点的速度为  $v_2$ , 求物体沿半圆形导轨运动过程中阻力所做的功;
- (3) 若竖直面内的半圆形导轨光滑, 物块经过 B 点的速度  $v_1 = 2\sqrt{Rg}$ , 求物块脱离导轨时距离水平面 AB 多高?

15. (8分) 如图18所示, 一截面为正方形的塑料管道固定在水平桌面上, 管道内充满液体, 其右端面上有一截面积为  $S$  的小喷口, 喷口离地的高度为  $h$  ( $h$  远远大于喷口的直径)。管道中有一与截面平行的活塞, 活塞沿管道向右匀速推动液体使液体从喷口水平射出, 液体落地点离喷口的水平距离为  $\sqrt{2}h$ 。若液体的密度为  $\rho$ , 重力加速度为  $g$ 。液体在空中不散开, 不计空气阻力, 液体不可压缩且没有黏滞性。

- (1) 液体从小喷口水平射出速度的大小  $v_0$ ;
- (2) 喷射过程稳定后, 空中液体的质量  $m$ ;
- (3) 假设液体击打在水平地面上后速度立即变为零, 求液体击打地面水平向右的平均作用力的大小  $F_x$ 。

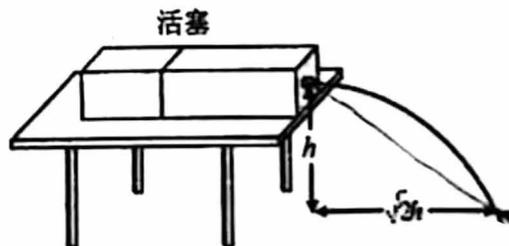


图18

16. (8分) 世间概念、规律千千万，物理学总能将其整齐划一，以简单大方的形式呈现出来。物理的简洁美、统一美和谐而浪漫。让我们一起来欣赏下物理的美丽吧！

(1) 地面附近一物体质量为  $m$ ，从空中  $A$  点自由下落到地面上  $B$  点处，下落高度为  $h$ ，地球质量为  $M$ ，半径为  $R$ 。试求在该过程中，重力势能变化量  $\Delta E_{pG}$  和引力势能变化量  $\Delta E_{p引}$  的表达式，并说明在什么情况下， $\Delta E_{pG} = \Delta E_{p引}$ 。(已知从无穷远处移动物体  $m$  到距离地心为  $r$  处，万有引力做功  $W = G \frac{Mm}{r}$ )

(2) 劲度系数为  $k_1$  的轻质弹簧上端固定，下端连一可视为质点的小物块，若以小物块的平衡位置为坐标原点  $O$ ，以竖直向下为正方向建立坐标轴  $Ox$ ，如图 19 所示，用  $x$  表示小物块由平衡位置向下发生的位移。系统的总势能为重力势能与弹性势能之和。请你结合小物块的受力特点和求解变力功的基本方法，以平衡位置为系统总势能的零势能参考点，推导小物块振动位移为  $x$  时系统总势能  $E_p$  的表达式。

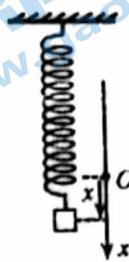


图 19

(3) 如图 20 所示，质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$  的小球 A、B 以不同速度  $v_1$ 、 $v_2$  同向运动，A 追上 B 并碰撞过程中的作用力假定为恒力  $F$ ，作用时间为  $t$ ，碰撞后两者速度分别为  $v_1'$ 、 $v_2'$ 。请利用动量定理，寻找碰撞中的不变量，并予以证明。

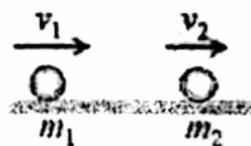


图 20

17. (8分) (1) 空间站可以通过机械臂操控货物的运动。考察货物的运动时，可以空间站为参考系。空间站可近似看成惯性参考系，这样在轨空间站中物体处于完全失重状态而不用考虑地球引力的作用。忽略货物的运动对空间站的影响，同时忽略空间站对货物的引力。

如图 21 所示，空间站上操控货物的机械臂可简化为两根相连的等长轻质臂杆，每根臂杆长为  $L$ ，机械臂一端固定在空间站上的  $O$  点，另一端抓住质量为  $m$  的货物，在机械臂的操控下，货物先绕  $O$  点做半径为  $2L$ 、角速度为  $\omega$  的匀速圆周运动，运动到  $A$  点停下，然后在机械臂操控下，货物从  $A$  点由静止开始做匀加速直线运动，经时间  $t$  到达  $B$  点， $A$ 、 $B$  间的距离为  $L$ 。以空间站为参考系，求：

- 货物做匀速圆周运动时受到合力提供的向心力大小  $F_n$ ；
- 货物运动到  $B$  点时机械臂对其做功的瞬时功率  $P$ ；

(2) 货物、空间站和地球的位置如图 22 所示，它们保持在同一直线上。以地球为参考系，货物与空间站同步绕地球做匀速圆周运动，已知空间站中心轨道半径为  $r$ ，货物与空间站中心的距离为  $d$ ，忽略空间站对货物的引力，求货物所受的机械臂作用力与所受的地球引力之比  $F_1:F_2$ 。

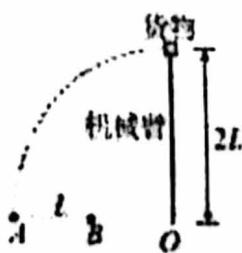


图 21

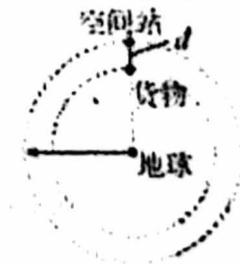


图 22

18. (10分) 体育课上, 直立起跳是一项常见的热身运动, 运动员先蹲下, 然后瞬间向上直立跳起, 如图 23 所示, 已知重力加速度为  $g$ 。

(1) 一位同学站在力传感器上做直立起跳, 力传感器采集到的  $F-t$  图线如图 24 所示。根据图像求这位同学的质量, 分析他在力传感器上由静止起跳过程中的超重和失重情况。取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。



图 23

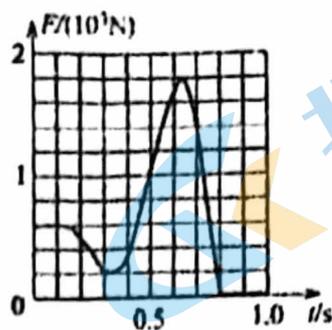


图 24

(2) 为了进一步研究直立起跳过程, 这位同学构建了如图 25 所示的简化模型。考虑到起跳过程中, 身体各部分肌肉 (包括上肢、腹部、腿部等肌肉) 的作用, 他把人体的上、下半身看作质量均为  $m$  的两部分 A 和 B, 这两部分用一个劲度系数为  $k$  的轻弹簧相连。起跳过程相当于压缩的弹簧被释放后使系统弹起的过程。已知弹簧的弹性势能  $E_p$  与其形变量  $\Delta x$  的关系为  $E_p = \frac{1}{2}k\Delta x^2$ 。要想人的双脚能够离地, 即 B 能离地, 起跳前弹簧的压缩量至少是多少?

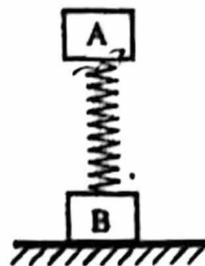


图 25

(3) “爆发力”是体育运动中对运动员身体水平评估的一项重要指标, 人们通常用肌肉收缩产生的力与速度的乘积来衡量肌肉收缩的爆发能力, 其最大值称之为“爆发力”。

某同学想在家通过直立起跳评估自己的“爆发力”。为了简化问题研究, 他把人离地前的运动简化等效为质量集中在重心的一个质点的运动, 受地面的支持力和重力作匀加速直线运动, 认为起跳时人对地面的平均蹬踏力大小等于肌肉的收缩力。他先用体重计测量自身质量  $m$ , 又用米尺测量了起跳前、站立时、跳至最高点瞬间的头顶距地面高度  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ , 如图 26 所示。我们认为, 人的重心始终在人体长度一半处。请利用这些物理量写出“爆发力”的表达式。

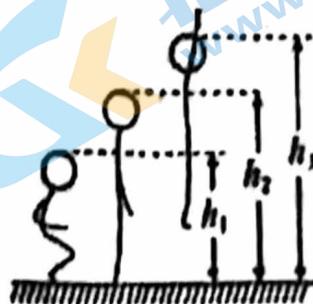


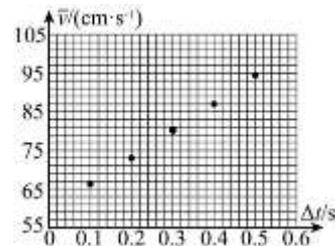
图 26

# 人大附中 2024 届高三物理 10 月复习检测答案

## 第一部分

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BD	BD	D	AB	A	B	ABC	C	BC	AC

## 第二部分



11. (1) 24.00, 80.0;      (2) 如图所示;      (3) 72, 59;      (4)  $b, 2k$

12. (1) D;

(2) B;

(3)  $mg(S_0 + S_1)$ ,  $\frac{1}{2}m\left(\frac{S_1 + S_2}{4T}\right)^2$ , 重锤下落过程需要克服阻力做功;

(4) ①在实验误差允许范围内, 若  $k$  近似等于  $2g$ , 则可认为这一过程机械能守恒;      ②A;

(5) 该同学的观点不正确。选择第 1、2 两点间距离约为 2mm 的纸带, 说明第 1 点的速度为零, 这样的纸带可以通过  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  来进行验证。但也可以选择其中的某一段来验证, 只要能够求出重力势能减少量和动能增加量即可, 不要求初速度为 0, 即通过  $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh$  来进行验证。所以该同学的观点不正确。

13. (1) 儿童下滑时受到的摩擦力为

$$f = \mu mg \cos \theta = 48\text{N}$$

(2) 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, 得

$$P = mgv \sin \theta = 720\text{W}$$

(3) 根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

得

$$a = 3.6\text{m/s}^2$$

儿童下滑至底端的时间为

$$t = \frac{v}{a} = \frac{5}{3}\text{s}$$

根据冲量的定义

$$I_G = mgt = \frac{1000}{3}\text{N}\cdot\text{s}$$

方向竖直向下

14. (1) 根据功能关系:

$$E_p = \frac{1}{2}mv_1^2$$

(2) 从 B 点到 C 点, 由动能定理得:

$$W_{\text{阻}} - mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

得

$$W_{\text{阻}} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + 2mgR$$

(3) 对脱离点 D:

$$mg \cos \theta = \frac{mv_D^2}{R}$$

对 B 到 D 过程:

$$mgR(1 + \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_D^2$$

上面两式联立:

$$\cos \theta = \frac{2}{3}$$

故

$$h = R(1 + \cos \theta) = \frac{5}{3}R$$

15. (1) 液体从喷口射出后, 做平抛运动。设液体在空中运动的时间为  $t$ , 根据运动的合成与分解, 结合运动学公式, 水平方向, 有

$$\sqrt{2}h = v_0 t$$

竖直方向, 有

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

联立上述两式解得:

$$v_0 = \sqrt{gh}$$

(2) 从喷口喷出液体的流量

$$Q = \frac{\Delta V_{\text{体}}}{\Delta t} = Sv_0$$

喷射过程稳定后, 空中液体的质量

$$m = \rho Qt = \sqrt{2}\rho Sh$$

(3) 设在时间  $\Delta t$  内有质量为  $\Delta m$  的液体打在地面上, 则有

$$\Delta m = \rho S v_0 \Delta t$$

设初速度方向为正, 在水平方向由动量定理, 有

$$-F \Delta t = \Delta m(0 - v_0)$$

解得

$$F = \rho Sgh$$

由牛顿第三定律, 可得

$$F_x = F = \rho Sgh$$

16. (1) 重力势能变化量为

$$\Delta E_{\text{pG}} = -mgh$$

万有引力做功为

$$W_{\text{AB}} = W_{\infty\text{B}} - W_{\infty\text{A}} = \frac{GMm}{R} - \frac{GMm}{R+h} = \frac{GMmh}{R(R+h)}$$

引力势能变化量为

$$\Delta E_{\text{p引}} = -W_{\text{AB}} = -\frac{GMmh}{R(R+h)}$$

当  $h \ll R$  时,  $-\frac{GMmh}{R(R+h)} \approx -\frac{GMmh}{R^2} = -mgh$

(2) 设小物块位于平衡位置时弹簧的伸长量为  $x_0$ , 有

$$kx_0 = G$$

当小物块相对于平衡位置的向下位移为  $x$  时, 受弹力  $F_T$  和重力  $G$  作用, 合力

$$F = -F_T + G$$

$$F_T = k(x + x_0)$$

解得:

$$F = -kx$$

即合力与位移大小成正比。合力  $F$  与位移  $x$  关系图线如答图所示。由图可知物块由平衡位置到位移为  $x$  处的运动过程中合力  $F$  做的功

$$W_F = -\frac{1}{2}kx \cdot x = -\frac{1}{2}kx^2$$

该合力做功与路径无关, 只与始末位置有关, 对应势能为总势能, 根据

$$W_F = -\Delta E_p$$

$$\text{即 } -\frac{1}{2}kx^2 = -(E_p - E_{p0})$$

解得

以平衡位置为零势能参考点, 即  $E_{p0}=0$ , 则

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

(3) 设初速度方向为正, 由动量定理, 对小球 A 有:

$$-Ft = m_1v_1' - m_1v_1$$

对小球 B 有:

$$Ft = m_2v_2' - m_2v_2$$

上面两式相加得:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

17. (1) a. 质量为  $m$  的货物绕  $O$  点做匀速圆周运动, 半径为  $2L$ , 根据牛顿第二定律可知

$$F_n = m\omega^2 \cdot 2L = 2m\omega^2 L$$

b. 货物从静止开始以加速度  $a$  做匀加速直线运动, 根据运动学公式可知

$$L = \frac{1}{2}at^2$$

解得

$$a = \frac{2L}{t^2}$$

货物到达 B 点时的速度大小为

$$v = at = \frac{2L}{t}$$

货物在机械臂的作用下在水平方向上做匀加速直线运动, 机械臂对货物的作用力即为货物所受合力  $ma$ , 所以经过  $t$  时间, 货物运动到 B 点时机械臂对其做功的瞬时功率为

$$P = mav = m \cdot \frac{2L}{t^2} \cdot \frac{2L}{t} = \frac{4mL^2}{t^3}$$

(2) 空间站和货物同轴转动，角速度  $\omega_0$  相同，对质量为  $m_0$  空间站，质量为  $M$  的地球提供向心力

$$G \frac{Mm_0}{r^2} = m_0 \omega_0^2 r$$

解得

$$GM = \omega_0^2 r^3$$

货物在机械臂的作用力  $F_1$  和万有引力  $F_2$  的作用下做匀速圆周运动，则

$$F_2 - F_1 = m\omega_0^2(r-d)$$

货物受到的万有引力

$$F_2 = G \frac{Mm}{(r-d)^2} = \frac{m\omega_0^2 r^3}{(r-d)^2}$$

解得机械臂对货物的作用力大小为

$$F_1 = \frac{m\omega_0^2 r^3}{(r-d)^2} - m\omega_0^2(r-d) = m\omega_0^2 \frac{r^3 - (r-d)^3}{(r-d)^2}$$

则

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r^3 - (r-d)^3}{r^3}$$

18. (1) 由图可知  $F = 600\text{N}$  时人处于静止状态，有  $F = mg = 600\text{N}$ ，得

$$m = 60\text{kg}$$

由图可知，0.16s~0.45s 内  $F < mg$ ，0.45s~0.76s 内  $F > mg$ ，0.76s~0.80s 内  $F < mg$ ，0.80s~1.00s 内  $F = 0$ ，所以该同学在力传感器上起跳的过程中先处于失重状态，然后处于超重状态，接下来又处于失重状态，最后处于完全失重状态。

(2) 设起跳前弹簧的最小压缩量为  $\Delta x_0$ ，当 B 将恰好离开地面时，B 受到的弹簧弹力方向向上，大小  $F = mg$ ，且 A 的速度为 0，有

$$F = k\Delta x = mg$$

此时弹簧处于拉伸状态，形变量

$$\Delta x = \frac{mg}{k}$$

起跳过程系统能量守恒，有

$$\frac{1}{2} k\Delta x_0^2 - \frac{1}{2} k\Delta x^2 = mg(\Delta x_0 + \Delta x)$$

解得

$$\Delta x_0 = 3\Delta x = \frac{3mg}{k}$$

(3) 人离地前重心做匀加速直线运动，有

$$F - mg = ma$$

其中

$$2a\Delta h_1 = v^2$$

$$\Delta h_1 = \frac{1}{2}(h_2 - h_1)$$

人离地后重心做竖直上抛运动，有

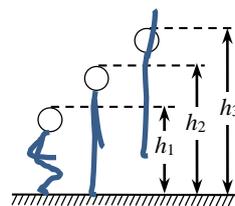
$$2g\Delta h_2 = v^2$$

其中

$$\Delta h_2 = h_3 - h_2$$

人的“爆发力”  $P = Fv$ ，解得

$$P = mg \left( \frac{2h_3 - h_1 - h_2}{h_2 - h_1} \right) \sqrt{2g(h_3 - h_2)}$$



## 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 50W+，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千场，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。

推荐大家关注北京高考在线网站官方微信公众号：**京考一点通**，我们会持续为大家整理分享最新的高中升学资讯、政策解读、热门试题答案、招生通知等内容！

