

福建师大附中 2021-2022 学年下学期期中考试

高二物理试卷

时间：90 分钟 满分：100 分

命题：余莉莉 审核：赵昕

试卷说明：

(1) 本卷共三大题，17 小题，解答写在答卷的指定位置上，考试结束后，只交答卷。

(2) 考试过程中不得使用计算器或具有计算功能的电子设备。

第I卷（选择题，共 48 分）

一、选择题：每小题 4 分，共 48 分。其中 1~8 题，每小题给出的四个选项中只有一个选项符合题目要求；9-12 题，每小题给出的四个选项中有多个选项符合题目要求。选对得 4 分，选不全的得 2 分，选错或不答的得 0 分。

1. 下列说法正确的是（ ）

- A. 声源与观察者相互靠近时，观察者所接收的声波波速大于声源发出的声波波速
- B. 在波的传播方向上，某个质点的振动速度就是波的传播速度
- C. 当障碍物或孔的尺寸比波长大得多时，机械波会发生明显的衍射现象
- D. 向人体内发射频率已知的超声波，测出被血流反射后波的频率，就能知道血流的速度，这种方法俗称“彩超”，是利用了多普勒效应原理

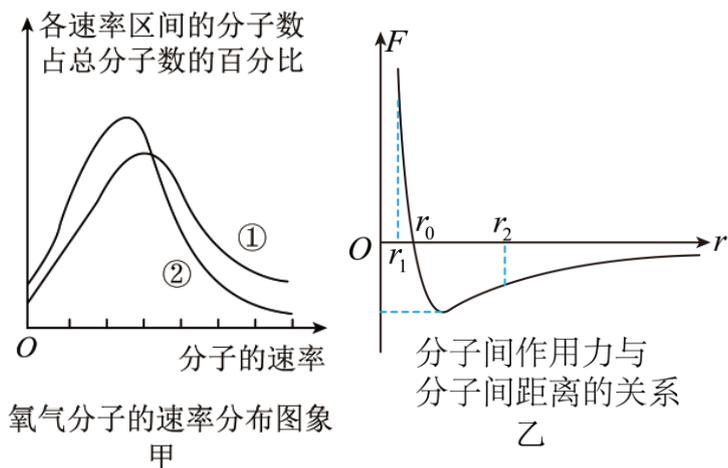
【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 声源与观察者相互靠近时，观察者所接收的声波波速与声源发出的声波波速相等，A 错误；
- B. 对于机械波，某个质点的振动速度与波的传播速度不同，两者相互垂直是横波，两者相互平行是纵波，B 错误；
- C. 只有当障碍物或孔的尺寸与机械波的波长差不多或比机械波的波长小，才会发生明显的衍射现象，当障碍物或孔的尺寸比机械波的波长大得多时，也能发生衍射现象，只是不明显，C 错误；
- D. 向人体内发射频率已知的超声波，测出被血流反射后波的频率，就能知道血流的速度，这种方法俗称“彩超”，是利用了多普勒效应原理，D 正确。

故选 D。

2. 下列说法不正确的是（ ）



- 甲 乙
- 氧气分子的速率分布图象
- 分子间作用力与分子间距离的关系
- A. 图甲中，状态①的温度比状态②的温度高
- B. 图甲中，两条曲线下的面积相等
- C. 由图乙可知，当分子间的距离从 r_2 逐渐减小为 r_0 时，分子力先做正功后做负功
- D. 由图乙可知，当分子间的距离从 r_2 逐渐减小为 r_0 时，分子势能不断减小

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由图可知，①中速率大的分子占据的比例较大，说明①对应的平均动能较大，故①对应的温度较高，故 A 正确；

B. 由题图可知，在两种不同情况下各速率区间的分子数占总分子数的百分比与分子速率间的关系图线与横轴所围面积都应该等于 1，即相等，故 B 正确；

CD. 由图乙可知，当分子间的距离从 r_2 逐渐减小为 r_0 时，分子力一直做正功，分子势能不断减小。C 错误，D 正确。

本题选择不正确的，故选 C。

3. 清洗汽车用的高压水枪喷出水柱直径为 D ，水流速度为 v ，水柱垂直汽车表面，水柱冲击汽车后水的速度为零。手持高压水枪操作，进入水枪的水流速度可忽略不计，已知水的密度为 ρ 。则水柱对汽车的平均冲力为（ ）

- A. $\rho\pi D^2 v^2$ B. $\frac{1}{2}\rho\pi D^2 v^2$ C. $\frac{1}{4}\rho\pi D^2 v^2$ D. $\frac{1}{8}\rho\pi D^2 v^2$

【答案】C

【解析】

【详解】高压水枪单位时间喷出水的质量等于单位时间内喷出的水柱的质量，即

$$m_0 = \rho V = \rho \pi \frac{D^2}{4} \cdot v = \frac{1}{4} \rho \pi v D^2$$

设水柱对汽车 平均冲力为 F ，由动量定理得

$$Ft = mv$$

即

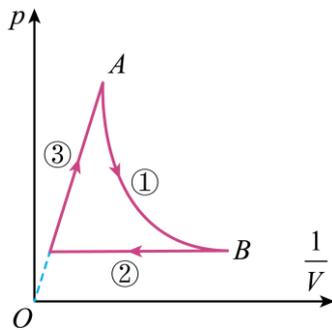
$$Ft = \frac{1}{4} \rho \pi v D^2 \cdot t \cdot v$$

解得

$$F = \frac{1}{4} \rho \pi D^2 v^2$$

故选 C。

4. 如图所示为一定质量的理想气体的压强随体积变化的 $p - \frac{1}{V}$ 图像，其中 AB 段为双曲线，则下列说法正确的是（ ）



- A. 过程①中气体分子的平均动能不变
- B. 过程②中单位时间内气体分子对容器壁的碰撞次数增多
- C. 过程②中气体分子的平均动能减小
- D. 过程③中单位时间内气体分子对容器壁的碰撞次数增多

【答案】 D

【解析】

【详解】 根据理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

可得

$$p = nRT \frac{1}{V}$$

故可知 $p - \frac{1}{V}$ 图像的斜率

$$k = nRT$$

对于一定质量的理想气体而言，斜率定性的反映温度的高低。

A. $p - \frac{1}{V}$ 图像在过程①的每点与坐标原点连线的斜率逐渐减小，表示理想气体的温度逐渐降低，则过程①中气体分子的平均动能减小，A 错误；

B. $p - \frac{1}{V}$ 图像在过程②中压强不变，体积增大，根据理想气体状态方程可知温度升高，分子平均动能 \bar{E}_k 增大，由理想气体压强的微观意义，气体压强与气体分子单位时间内对容器壁的碰撞次数 N 、气体分子平均动能 \bar{E}_k 有关，在压强 p 不变， \bar{E}_k 增大的条件下，可得单位时间内气体分子对容器壁的碰撞次数减少，B 错误；

C. $p - \frac{1}{V}$ 图像在过程②的每点与坐标原点连线的斜率逐渐增大，表示理想气体的温度逐渐升高，则过程②中气体分子的平均动能增大，C 错误；

D. $p - \frac{1}{V}$ 图像在过程③中压强增大，温度不变，分子的平均动能 \bar{E}_k 不变，由理想气体压强的微观意义，气体压强与气体分子单位时间内对容器壁的碰撞次数 N 、气体分子平均动能 \bar{E}_k 有关，在压强 p 增大，温度不变的条件下，可得单位时间内气体分子对容器壁的碰撞次数增多，D 正确。

故选 D。

5. 有一条捕鱼小船停靠在湖边码头，小船又窄又长，一位同学想用卷尺测量它的质量。他进行了如下操作：首先将船平行码头自由停泊，然后他轻轻从船尾上船，走到船头后停下，而后轻轻下船，用卷尺测出船后退的距离 d 和船长 L 。已知他自身的质量为 m ，则船的质量为（ ）

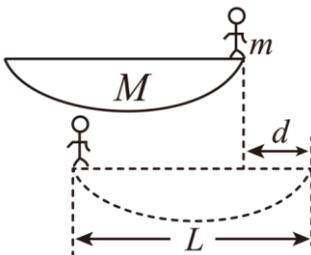
- A. $\frac{m(L+d)}{d}$ B. $\frac{m(L-d)}{d}$ C. $\frac{mL}{d}$ D. $\frac{m(L+d)}{L}$

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】画出如图所示的草图



设人走动时船的速度大小为 v ，人的速度大小为 v' ，船的质量为 M ，人从船尾走到船头所用时间为 t 。则

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v' = \frac{L-d}{t}$$

人和船组成的系统在水平方向上动量守恒，取船的速度方向为正方向，根据动量守恒定律得

$$Mv - mv' = 0$$

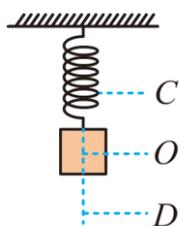
解得船的质量

$$M = \frac{m(L-d)}{d}$$

故 B 正确，ACD 错误。

故选 B。

6. 如图所示，一轻质弹簧上端固定在天花板上，下端连接一物块，物块沿竖直方向以 O 点为平衡位置，在 C 、 D 两点之间做周期为 T 的简谐运动。已知在 t_1 时刻物块的速度为 v ，下列说法正确的是（ ）



- A. 物块在 C 、 D 两点的加速度相同
- B. 物块从 C 点运动到 O 点，弹簧的弹力可能先减小后增大
- C. 物块从 C 点运动到 O 点弹力做的功与从 D 点运动到 O 点相等
- D. 如果在 t_2 时刻物块的速度也为 v ，则 $t_2 - t_1$ 的最小值为 $\frac{T}{2}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. C 、 D 两点关于平衡位置对称，物块在 C 、 D 两点的加速度等大反向，A 错误；

B. 分析得弹簧的原长位置在 C 点与 O 点之间，物块从 C 点运动到 O 点过程中弹簧的弹力先减小后增大，B 正确；

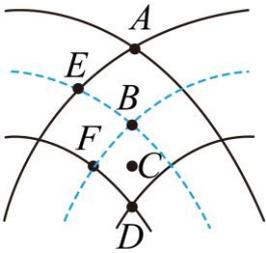
C. 物块从 D 点运动到 O 点，弹簧弹力一直做负功，弹簧弹力较大，弹力做负功较多，从 C 点运动到 O 点弹力先减小后增大，弹簧弹力先做负功再做正功，且形变量较小，弹力做功较少，故 C 错误；

D. 物块从 C 运动到 D 的过程，关于平衡位置对称的两点，速度大小相等、方向均向下，故 $t_2 - t_1$ 的最小值小于 $\frac{T}{2}$ ，D 错误。

故选 B。

7. 如图所示为两列波传播过程中某时刻的图像，这两列波频率相同、相位差恒定，实线表示波峰，虚线表

示波谷，相邻实线与虚线间的距离为 0.2m，波速为 1m/s，在图示范围内可以认为这两列波的振幅均为 1cm，C 点是 B、D 两点连线的中点，则 ()



- A. 图示时刻 A、B 两点的高度差为 2cm
- B. 图示时刻 C 点正处在平衡位置且向下运动
- C. F 点到两波源的路程差为零
- D. 经过 0.1s, A 点的位移为零

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. A、B 两点为振动加强点，两点振幅均为 2cm，此时 A 点处于波峰位置，而 B 点处于波谷，两点高度差为 4cm，故 A 错误；
- B. C 点为 B、D 两点连线的中点，所以 C 点处在平衡位置，根据“上下坡”法，C 点正向上运动，故 B 错误；
- C. F 点为振动减弱点，它到两波源的路程之差应为半波长的奇数倍，故 C 错误；
- D. 根据题意可得

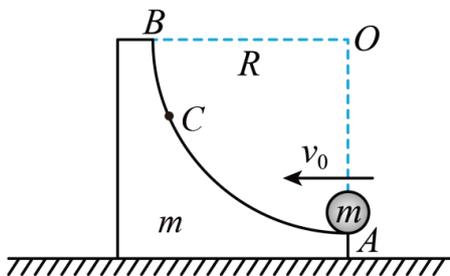
$$T = \frac{\lambda}{v} = 0.4\text{s}$$

$$t = 0.1\text{s} = \frac{T}{4}$$

所以经 0.1s, A 点由波峰回到平衡位置，位移为零，故 D 正确。

故选 D。

8. 如图所示，在光滑水平面上放置一个质量为 m 的滑块，滑块的一侧是一个 $\frac{1}{4}$ 弧形槽，槽半径为 R ，A 点切线水平，B 为最高点，C 是 AB 间某位置。另有一个质量也为 m 的小球以速度 v_0 从 A 点冲上滑块，重力加速度大小为 g ，不计摩擦和阻力，下列说法中正确的是 ()



- A. 当 $v_0 = \sqrt{2gR}$ 时，小球恰能到达 B 点
- B. 若小球只能到达 C 位置，则小球到达 C 位置时速度为零
- C. 小球回到斜槽底部离开 A 点后做自由落体运动
- D. 小球回到斜槽底部离开 A 点后可能做平抛运动

【答案】C

【解析】

【详解】A. 滑块与小球水平方向动量守恒，小球恰能到达 B 点时有

$$mv_0 = 2mv$$

系统机械能守恒，有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2 + mgR$$

联立可得

$$v_0 = 2\sqrt{gR}$$

故 A 错误；

B. 若小球只能到达 C 位置，则小球到达 C 位置时与滑块共速，根据水平方向动量守恒可知，速度不为零，故 B 错误；

CD. 由系统水平方向动量守恒得

$$mv' - mv_A = mv_0$$

系统机械能守恒，有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{1}{2}mv_A^2$$

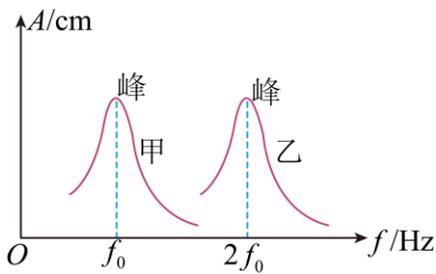
联立可得

$$v_A = 0$$

所以小球回到斜槽底部离开 A 点后做自由落体运动，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

9. 同一地点，甲、乙单摆在驱动力作用下振动，其振幅 A 随驱动力频率 f 变化的图像如图所示，下列说法正确的是（ ）



- A. 若驱动力的频率为 f_0 ，乙单摆振动的频率大于 f_0
- B. 若驱动力的频率为 f_0 ，乙单摆振动的频率等于 f_0
- C. 若驱动力的频率为 $3f_0$ ，甲、乙单摆振动的振幅相同
- D. 若驱动力的频率为 $3f_0$ ，甲、乙单摆振动的频率均为 $3f_0$

【答案】BD

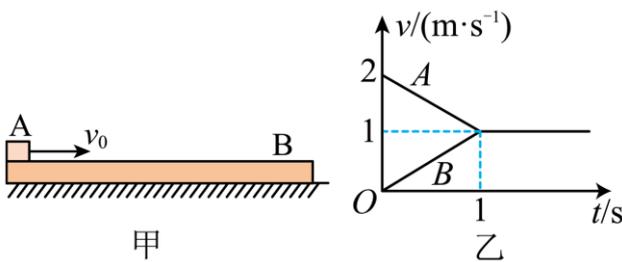
【解析】

【详解】ABD. 当物体做受迫振动时，物体振动的频率等于驱动力的频率，故 A 错误，BD 正确；

C. 受迫振动物体的固有频率与驱动力频率越接近，振幅越大，由图可知，甲的固有频率是 f_0 ，乙的固有频率是 $2f_0$ ，若驱动力的频率为 $3f_0$ ，甲单摆振动的振幅小于乙单摆振动的振幅，故 C 错误。

故选 BD。

10. 如图甲，光滑水平面上放着长木板 B ，质量为 $m=2\text{ kg}$ 的木块 A 以速度 $v_0=2\text{ m/s}$ 滑上原来静止的长木板 B 的上表面，由于 A 、 B 之间存在摩擦，之后木块 A 与长木板 B 的速度随时间变化情况如图乙所示，重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ 。则下列说法正确的是（ ）



- A. 木块 A 与长木板 B 之间的动摩擦因数为 0.1
- B. 长木板的质量 $M=2\text{ kg}$
- C. 长木板 B 的长度至少为 2 m
- D. 木块 A 与长木板 B 组成系统损失机械能为 4 J

【答案】AB

【解析】

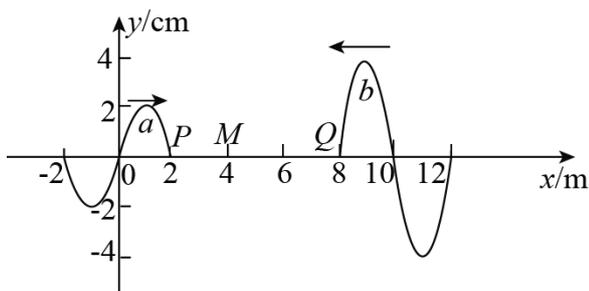
【详解】B、由题图可知，木块A先做匀减速运动，长木板B先做匀加速运动，最后一起做匀速运动，共同速度 $v = 1\text{m/s}$ ，取向右为正方向，根据动量守恒定律得 $mv_0 = (m + M)v$ ，解得： $M = m = 2\text{kg}$ ，故选项B正确；

A、由题图可知，长木板B匀加速运动的加速度为 $a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{1}\text{m/s}^2 = 1\text{m/s}^2$ ，对长木板B根据牛顿第二定律得 $\mu mg = Ma_B$ ，解得 $\mu = 0.1$ ，故选项A正确；

C、由题图可知前1s内长木板B的位移为 $x_B = \frac{1}{2} \times 1 \times 1\text{m} = 0.5\text{m}$ ，木块A的位移为 $x_A = \frac{2+1}{2} \times 1\text{m} = 1.5\text{m}$ ，所以长木板B的最小长度为 $L = x_A - x_B = 1\text{m}$ ，故选项C错误；

D、木块A与长木板B组成系统损失的机械能为 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + M)v^2 = 2\text{J}$ ，故选项D错误。

11. 两列分别沿 x 轴正、负方向传播的简谐横波在 $t = 0$ 时刻的波形如图所示，其中 a 波振幅为 2cm ，沿 x 轴正方向传播； b 波振幅为 4cm ，沿 x 轴负方向传播。两列波的传播速度大小均为 $v = 2\text{m/s}$ 。下列判断正确的是（ ）



- A. a 波的周期为 2s
- B. 两列波的质点的起振方向均沿 y 轴负方向
- C. $t = 1.5\text{s}$ 时，质点 Q 离开平衡位置 位移为 4cm
- D. $t = 1.5\text{s}$ 时，质点 M 的位移为 2cm

【答案】AD

【解析】

【详解】A. 横波 a 的波长为 4m ，则周期

$$T = \frac{\lambda}{v} = 2\text{s}$$

故 A 正确；

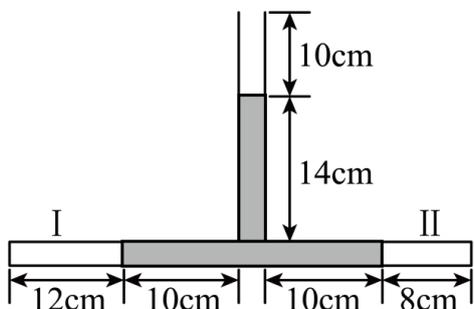
B. 根据平移法，且同一列波各点起振方向均相同，可知 a 波起振方向向上， b 波起振方向向上，故 B 错误；

C. 横波 b 的波长为 4m ，则周期也为 2s ， $t = 1.5\text{s}$ 时经过 $\frac{3}{4}T$ ，则质点 Q 离开平衡位置的位移为 -4cm ，故 C 错误；

D. $t = 1\text{s}$ 时, a 波到达 M 点, 再经过 0.5s , 即 $t = 1.5\text{s}$ 时, 质点 M 的位移为 2cm 。故 D 正确。

故选 AD。

12. 内径均匀且大小可忽略的“T”形细玻璃管竖直放置, 管内有被水银封闭的理想气体 I 和 II, 竖直管上端与大气相通, 各部分长度如图所示。已知环境温度为 27°C , 大气压强 $p_0 = 76\text{cmHg}$ 。下列说法正确的是 ()



- A. 保持温度不变, 从竖直管上端加水银至管口, 加入水银长度为 12cm
- B. 保持温度不变, 从竖直管上端加水银至管口, 加入水银长度为 11.2cm
- C. 使两部分气体升高相同温度, 当水银面上升至管口时, 气体温度为 500K
- D. 使两部分气体升高相同温度, 当水银面上升至管口时, 气体温度为 480K

【答案】AC

【解析】

【详解】AB. 保持温度不变, 从竖直管上端加水银至管口, 对理想气体 I 和 II 由玻意耳定律

$$p_1 V_1 = p_1' V_1', \quad p_2 V_2 = p_2' V_2'$$

带入数据

$$(76+14)\text{cmHg} \cdot 12\text{cm} \cdot S = (76+24)\text{cmHg} \cdot l \cdot S$$

$$(76+14)\text{cmHg} \cdot 8\text{cm} \cdot S = (76+24)\text{cmHg} \cdot l' \cdot S$$

解得

$$l = 0.108\text{m} = 10.8\text{cm}, \quad l' = 0.072\text{m} = 7.2\text{cm}$$

加入水银长度为

$$\Delta l = l_1 - l + l_2 - l' + 10\text{cm} = 12\text{cm} - 10.8\text{cm} + 8\text{cm} - 7.2\text{cm} + 10\text{cm} = 12\text{cm}$$

A 正确, B 错误;

CD. 使两部分气体升高相同温度, 当水银面上升至管口时, 由理想气体状态方程

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_1' V_1'}{T_1'}, \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_2' V_2'}{T_2'}, \quad T_1' = T_2', \quad V_1' - V_1 + V_2' - V_2 = 10\text{cm} \cdot S$$

带入数据

$$\frac{(76+14)\text{cmHg} \cdot 12\text{cm} \cdot S}{(273+27)\text{K}} = \frac{(76+14+10)\text{cmHg} \cdot L \cdot S}{T_1'}$$

$$\frac{(76+14)\text{cmHg} \cdot 8\text{cm} \cdot S}{(273+27)\text{K}} = \frac{(76+14+10)\text{cmHg} \cdot L' \cdot S}{T_2'}$$

解得

$$T_1' = T_2' = 500\text{K}$$

C 正确, D 错误。

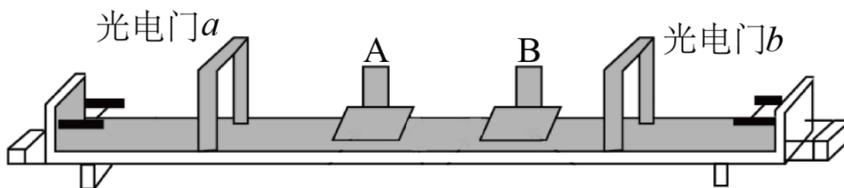
故选 AC。

第II卷 (非选择题, 共 52 分)

二、填空题: 本大题共 2 题, 共 16 分。

13. 某同学欲采用课本上介绍的气垫导轨和光电计时器等器材进行“验证动量守恒定律”的实验。实验装置如图所示, 下面是实验的主要步骤:

- 安装好气垫导轨和光电门, 调节气垫导轨的调节旋钮, 使导轨水平
- 测得 A 和 B 两滑块上遮光片的宽度均为 d
- 得到 A、B 两滑块(包含遮光片)的质量 m_1 、 m_2
- 向气垫导轨通入压缩空气
- 利用气垫导轨左右的弹射装置, 使滑块 A、B 分别向右和向左运动, 测出滑块 A、B 在碰撞前经过光电门过程中挡光时间分别为 Δt_1 和 Δt_2
- 观察发现滑块 A、B 碰撞后通过粘胶粘合在一起, 运动方向与滑块 B 碰撞前运动方向相同, 此后滑块 A 再次经过光电门时挡光时间为 Δt



试解答下列问题:

(1) 碰撞前 A 滑块的速度大小为 _____, 碰撞前 B 滑块的速度大小为 _____。

(2) 为了验证碰撞中动量守恒, 需要验证的关系式是: _____ (用题中物理量表示)。

(3) 有同学认为利用此实验装置还能计算碰撞过程中损失的机械能。请用上述实验过程测出的相关物理量, 表示出 A、B 系统在碰撞过程中损失的机械能 $\Delta E =$ _____。

【答案】 □. $\frac{d}{\Delta t_1}$ □. $\frac{d}{\Delta t_2}$ □. $\frac{m_2}{\Delta t_2} - \frac{m_1}{\Delta t_1} = \frac{m_1 + m_2}{\Delta t}$ □. $\frac{d^2}{2} \left(\frac{m_1}{\Delta t_1^2} + \frac{m_2}{\Delta t_2^2} - \frac{m_1 + m_2}{\Delta t^2} \right)$

【解析】

【详解】(1) [1][2]碰撞前 A 滑块的速度大小为 $v_A = \frac{d}{\Delta t_1}$ ，碰撞前 B 滑块的速度大小为 $v_B = \frac{d}{\Delta t_2}$ ；

(2) [3]为了验证碰撞中动量守恒，需要验证的关系式

$$m_B v_B - m_A v_A = (m_B + m_A)v$$

其中碰后的共同速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$ ，带入可得

$$\frac{m_2}{\Delta t_2} - \frac{m_1}{\Delta t_1} = \frac{m_1 + m_2}{\Delta t}$$

(3) [4]A、B 系统在碰撞过程中损失的机械能

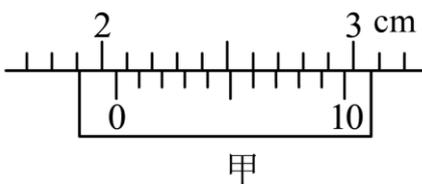
$$\Delta E = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2$$

带入可得

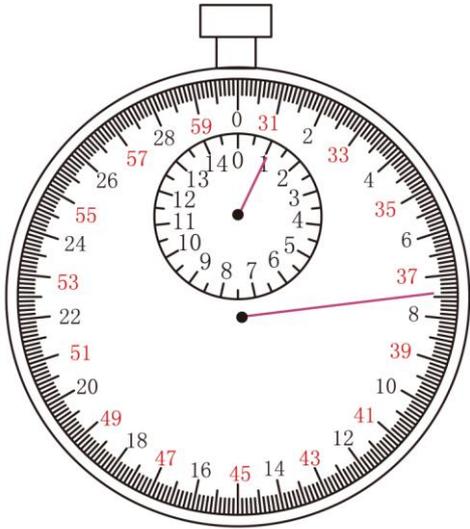
$$\Delta E = \frac{d^2}{2} \left(\frac{m_1}{\Delta t_1^2} + \frac{m_2}{\Delta t_2^2} - \frac{m_1 + m_2}{\Delta t^2} \right)$$

14. 某同学在“用单摆测重力加速度”的实验中进行了如下的操作：

(1) 用游标上有 10 个小格的游标卡尺测量摆球直径如图甲所示，摆球直径为 $d =$ _____ cm，把摆球用细线悬挂在铁架台上，测量摆线长 l_0 ，通过计算得到摆长 L 。

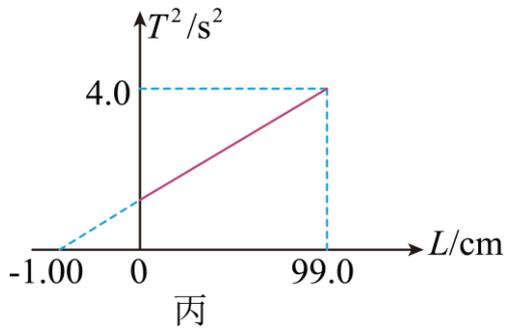


(2) 用秒表测量单摆的周期。当单摆摆动稳定且到达最低点时开始计时并记为 0 次。单摆每经过最低点记一次数，当数到 n 次时秒表的示数如图乙所示，此时秒表的读数为 $t =$ _____ s，该单摆的周期 $T =$ _____ (用 t 、 n 表示)。



乙

(3) 测量出多组周期 T 、摆长 L 数值后，画出 $T^2 - L$ 图像如图丙，造成图线不过坐标原点的原因可能是_____。



丙

- A. 摆球的振幅过小 B. 将 l_0 计为摆长 L
 C. 将 $(l_0 + d)$ 计为摆长 L D. 摆球质量过大

(4) 该小组的另一同学没有使用游标卡尺也测出了重力加速度。他采用的方法是：先测出一摆线较长的单摆的振动周期 T_1 ，然后把摆线缩短适当的长度 ΔL ，再测出其振动周期 T_2 。用该同学测出的物理量表示重力加速度为 $g =$ _____。

【答案】 . 2.06 . 67.4 . $\frac{2t}{n}$. B . $\frac{4\pi^2\Delta L}{T_1^2 - T_2^2}$

【解析】

【详解】(1) [1]摆球直径为

$$d = 2\text{cm} + 6 \times 0.1\text{mm} = 2.06\text{cm}$$

(2) [2]秒表的读数为

$$t = 1\text{min} + 7.4\text{s} = 67.4\text{s}$$

[3]该单摆的周期

$$T = \frac{t}{\frac{n}{2}} = \frac{2t}{n}$$

(3) [4]A. 由

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

可得

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$$

周期与振幅和摆球的质量无关，纵轴有一个正的截距，说明摆长为零时，周期不为零，所以可能是把摆线长记为了摆长，漏记了小球的半径，故 ACD 错误，B 正确。

故选 B；

(4) [5]根据上述可得

$$T_1^2 - T_2^2 = \frac{4\pi^2}{g}\Delta L$$

可得

$$g = \frac{4\pi^2\Delta L}{T_1^2 - T_2^2}$$

三、计算题：本大题 3 题，共 36 分。

15. 肺活量是在标准大气压 $p_0=1\text{atm}$ 下人一次尽力呼出空气的体积。某实验小组设计了“吹气球法”的小实验来粗测肺活量。如图，某同学通过气球口用力一口气向气球内吹气（吹气前气球内部的空气可忽略不计），气球没有被吹爆，此时气球可近似看成球形，半径为 $r=10\text{cm}$ ，球内空气的压强 $p_1=1.5\text{atm}$ ，空气可看作理想气体，设整个过程温度保持不变，球体体积计算公式为 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ，人体正常温度为 37°C 。

(1) 求该同学的肺活量是多少？

(2) 已知在标准状况下，即 0°C ， 1atm 下，空气的摩尔体积为 22.4L/mol ，阿伏加德罗常数

$N_A=6.0\times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ，则该同学一次能呼出的空气分子数为多少？（第 2 小题计算结果保留两位有效数字）



【答案】 (1) 6.28L ；(2) 1.5×10^{23}

【解析】

【详解】 (1) 设该同学的肺活量为 V_0 ，由题意并根据玻意耳定律可得

$$p_0 V_0 = p_1 V$$

代入数据解得

$$V_0 = 6.28 \text{L}$$

(2) 设该同学呼出的气体在 0°C 、 1atm 时的体积为 V_1 ，则根据盖-吕萨克定律可得

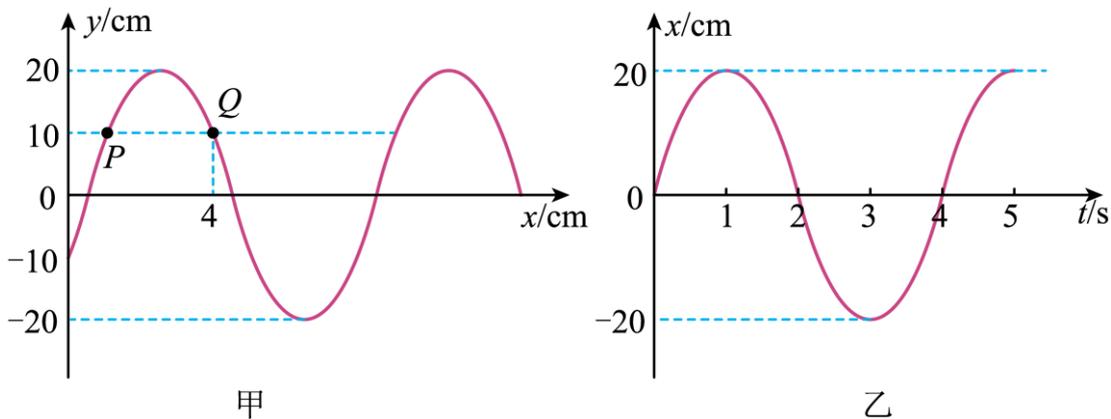
$$\frac{V_0}{(273+37)\text{K}} = \frac{V_1}{273\text{K}}$$

由题意并根据上式解得该同学一次能呼出的空气分子数为

$$n = \frac{V_1}{22.4\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}} N_A \approx 1.5 \times 10^{23}$$

16. 图甲为一列简谐波在 $t = \frac{1}{3}\text{s}$ 时的波形， P 、 Q 是介质中的两个质点， Q 的横坐标为 $x = 4\text{cm}$ 。图乙是质点 P 的振动图像。求：

- (1) 波的传播方向；
- (2) 波长和波速；
- (3) 质点 Q 的振动方程。



【答案】 (1) 波沿 x 轴负方向传播；(2) 8cm ， 2cm/s ；(3) $y = 20\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{2\pi}{3})\text{cm}$

【解析】

【详解】 (1) 由乙图知： $t = \frac{1}{3}\text{s}$ 时， P 质点向上运动，由同侧法可知，波沿 x 轴负方向传播

(2) 由甲图可知，波长为

$$\lambda = 8\text{cm}$$

由乙图知，周期

$$T = 4\text{s}$$

由 $v = \frac{\lambda}{T}$ 得

波速为

$$v = \frac{8}{4} \text{ cm/s} = 2 \text{ cm/s}$$

(3) 设 Q 的振动方程为

$$y = 20 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) \text{ cm}$$

当 $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ 时

$$y = 10 \text{ cm}$$

且 Q 比 P 早振动, 所以

$$\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 = \frac{5\pi}{6}$$

解得

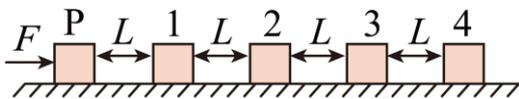
$$\varphi_0 = \frac{2\pi}{3}$$

则质点 Q 的振动方程为

$$y = 20 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{2\pi}{3}\right) \text{ cm}$$

17. 在水平面上沿直线按距离为 L 的等间距依次排列着 4 个质量均为 m 的滑块, 另一个滑块 P 的质量也为 m , 除了 P 与 1 之间的地面光滑, 其余部分均粗糙, 每个滑块与地面之间的摩擦因数均为 μ 。现 P 从静止开始在大小为 $F = 0.5mg$ 的水平恒力作用下向右运动, 与滑块 1 碰撞后滑块便粘连在一起。以后每次碰撞后均粘连在一起, 每次碰撞时间极短, 每个物块都可简化为质点。求:

- (1) 第一次碰撞后瞬间的速度及第一次碰撞过程中损失的机械能;
- (2) 发生第 2 次碰撞后瞬间的速度 v_2 为多大;
- (3) 若碰撞后的滑块 3 不能与滑块 4 相碰, 求 μ 的取值范围。



【答案】 (1) $\frac{1}{2}\sqrt{gL}$, $\frac{1}{4}mgL$; (2) $\frac{2}{3}\sqrt{\frac{3}{4}gL - 2\mu gL}$; (3) $\frac{5}{29} < \mu < \frac{3}{13}$

【解析】

【详解】 (1) 设第一次碰撞前瞬间 P 的速度为 u_1 , 根据动能定理, 有

$$FL = \frac{1}{2}mu_1^2$$

因碰撞时间极短，第一次碰撞后瞬间的速度为 v_1 ，根据动量守恒，有

$$mu_1 = 2mv_1$$

则碰后瞬间速度为

$$v_1 = \frac{1}{2}\sqrt{gL}$$

第一次碰撞过程中损失的机械能

$$\Delta E = \frac{1}{2}mu_1^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_1^2 = \frac{1}{4}mgL$$

(2) 从 1 到 2 过程，令运动到 2 时速度为 u_2 ，根据动能定理可得

$$FL - \mu \times 2mgL = \frac{1}{2} \times 2mu_2^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_1^2$$

1 与 2 碰撞时，满足动量守恒

$$2mu_2 = 3mv_2$$

解得

$$v_2 = \frac{2}{3}u_2 = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{3}{4}gL - 2\mu gL}$$

(3) 从 2 到 3 过程，令运动到 3 时速度为 u_3 ，根据动能定理可得

$$\begin{cases} FL - \mu \times 3mgL = \frac{1}{2} \times 3mu_3^2 - \frac{1}{2} \times 3mv_2^2 \\ \frac{1}{2} \times 3mu_3^2 > 0 \end{cases}$$

解得

$$\mu < \frac{3}{13}$$

2 与 3 碰撞后速度为 v_3 ，满足动量守恒

$$3mu_3 = 4mv_3$$

从 3 到 4 过程，滑块 3 不能与滑块 4 相碰，则

$$\frac{1}{2} \times 4mv_3^2 + FL - \mu \times 4mgL < 0$$

解得

$$\mu > \frac{5}{29}$$

所以 μ 的取值范围为

$$\frac{5}{29} < \mu < \frac{3}{13}$$

