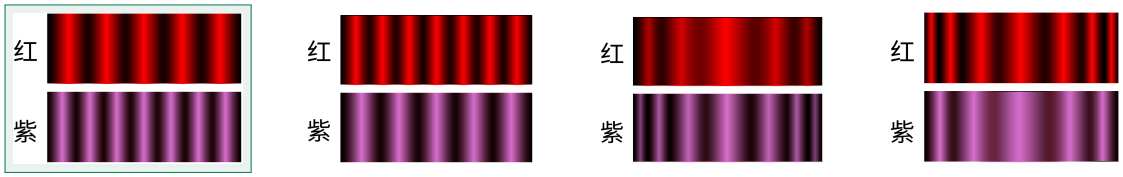
2025 年上海

1. 光学实验

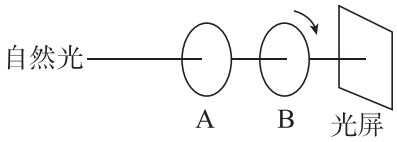
光学实验是通过可控手段研究光现象及其规律的实践活动，包括光的折射、干涉、衍射、偏振等基本特性验证，以及其他光学性质的研究。

(1) 分别用红光和紫光进行杨氏双缝干涉实验时，保持其他条件相同，所得条纹可能是A。



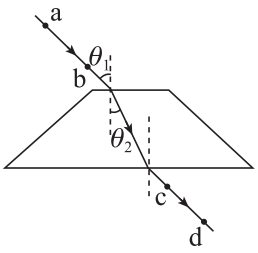
A. B. C. D.

(2) 如图，自然光经过两个环形偏振片，保持 A 不动，偏振片 B 绕圆心所在平面匀速旋转的周期为 T，则光屏上相邻两次光强最弱的时间间隔为 C。



A. $2T$ B. T C. $0.5T$ D. $0.25T$

(3) 如图，进行“测量玻璃的折射率”实验。在玻璃砖的一侧垂直于纸面插两枚大头针 a、b，在另一侧透过玻璃砖观察，插入大头针 c，使其遮住大头针 a、b；插入大头针 d，使其将a、b、c都挡住，并获得图示光路。测得入射角 θ_1 和折射角 θ_2，则玻璃的折射率为$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$。



(1) A (2) C (3) a、b、c，$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

1．干涉条纹是平行等距明暗相间的条纹，根据 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，红光的波长大于紫光，可知红光的条纹间距大于紫光的条纹间距，故选项 A 正确；

2．根据偏振原理，偏振片 B 每转过半周透光强度从最小到最大、再到最小，可知光屏上两个光强最小的时间间隔为 $0.5T$，故选 C。

3．若从 c 侧观察，插入 c 时，应遮住 a、b；插入 d 时，应遮住 c 以及 a、b 的像；

该玻璃的折射率为 $n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$。

2. 量子百年

2025 年被联合国宣布为国际量子科学与技术年，以致敬量子力学为科学技术领域带来的巨大发展和深远影响。

(1) 太阳内部发生的核聚变反应称为 p-p 循环，其核反应方程为 $4\,{}_1^1\mathrm{H}\to \mathrm{X}+2{}_1^0\mathrm{e}$，则 X 是 B。

A. 氢核　　B. 氦核　　C. 锂核　　D. 铍核

(2)（多选）复色光频率范围为 $5.50\times10^{14}\,\mathrm{Hz}\sim6.50\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$，用此光照射下列金属可发生光电效应。由表中各金属的截止频率 ν_0 可知，该金属可能是 CDE。

几种金属的截止频率					
金属	锌	钙	钠	钾	铷
ν_0（$\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$）	8.07	7.73	5.53	5.44	5.15

A. 锌　　B. 钙　　C. 钠　　D. 钾

E. 铷

(3) 氢原子的核外电子以半径 r 绕核做匀速圆周运动，则该电子动量的大小是 $e\sqrt{\frac{km}{r}}$。（电子质量为 m，元电荷为 e，静电力常量为 k）

(4) 一氢原子在从量子数为 4 的激发态跃迁到量子数为 2 的激发态的过程中，D。（里德伯常量为 R，真空中光速为 c）

A. 吸收一频率为 $Rc\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)$ 的光子　　B. 发射一频率为 $Rc\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)$ 的光子

C. 吸收一频率为 $Rc\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right)$ 的光子　　D. 发射一频率为 $Rc\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right)$ 的光子

(1) B　(2) CDE　(3) $e\sqrt{\frac{km}{r}}$　(4) D

1．设 X 的质量数为 A，电荷数为 Z。由核反应过程中质量数守恒可得：$4=A+0$；

由电荷数守恒可得：$4=Z+2$；

解得 $A=4$，$Z=2$。对应 ${}_2^4\mathrm{He}$。正确选项为 B。

2．当入射光的频率大于金属的截止频率时，可发生光电效应。与表格数据对比可知可发生光电效应的钠、钾、铷，故选 CDE。

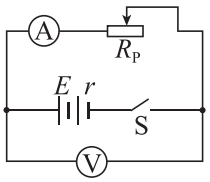
3．电子绕氢原子核做匀速圆周运动，库仑力提供向心力，有

> $k\frac{e^2}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$
>
> 求得 $v=\sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$
>
> 进一步求得电子动量大小 $p=mv=e\sqrt{\frac{km}{r}}$
>
> 4. 氢原子从高能级向低能级跃迁时会放出光子，光子的能量等于两个能级的能量差。而氢原子能级公式为 $E_n=\frac{E_1}{n^2}$，与量子数 n 的平方成反比，所以从量子数 $n=4$ 跃迁到量子数 $n=2$ 的能量差应有 $\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right)$ 的形式。正确选项为 D。
>
> 另附严格证明：由广义巴尔末公式 $\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$（$m=1,2,3,\cdots$；$n=m+1,m+2,m+3,\cdots$）、光子能量公式 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$，可以推得：$\nu=Rc\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$。从 $n=4$ 跃迁到 $m=2$ 过程中放出光子的频率为 $Rc\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right)$。

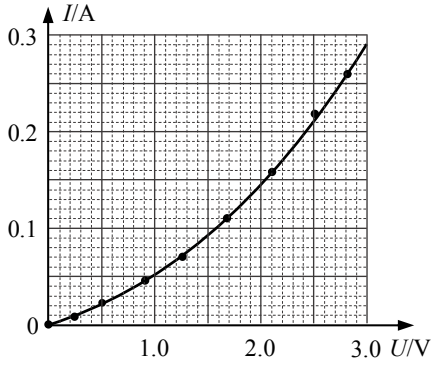
3. 滑动变阻器

改变滑动变阻器接入电路的方式和阻值可对电路进行调控。小佳用最大阻值为 $10\,\Omega$ 的滑动变阻器等器材做了一系列实验。

(1) 实验室利用如图所示电路进行实验。调节滑动变阻器，当电流表示数 $I_1=1\,\mathrm{A}$ 时，电压表示数 $U_1=3\,\mathrm{V}$；当电流表示数 $I_2=2\,\mathrm{A}$ 时，电压表示数为 $U_2=1.5\,\mathrm{V}$，则电源电动势为 4.5 V，内阻为 1.5 Ω。



(2) 小佳用柱形电阻 X、电动势为 $3\,\mathrm{V}$ 的电池、滑动变阻器 R、电流表、电压表、开关连成电路进行实验，根据实验数据作出通过 X 的电流 I 随 X 两端电压 U 变化的 $I-U$ 图线。实验过程中 X 的长度和横截面积保持不变。



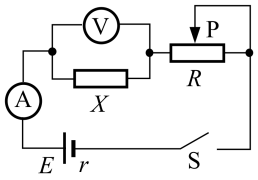
i. 若 X 的阻值为 R_X，X 的材料的电阻率为 ρ，根据 $I-U$ 图线可知，当加在 X 两端的电压增大时，B。

A. R_X 增大，ρ 增大　　B. R_X 减小，ρ 减小

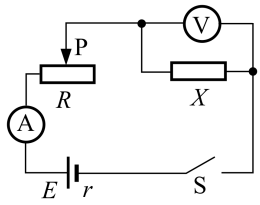
C. R_X 增大，ρ 不变　　D. R_X 减小，ρ 不变

ii. 当电阻两端电压为 1.80 V 时，该电阻的功率约为 0.225 W。（保留 3 位有效数字）

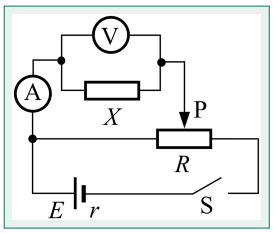
iii. 根据 $I-U$ 图线的测量数据点推测，小佳所采用的实验电路图可能为 C。



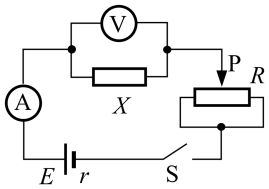
A.



B.

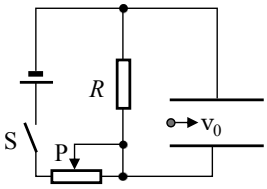


C.



D.

(3) 水平放置的平行板电容器连接在图示电路中，电容器极板间距为 d，电容为 C。移动滑动变阻器的滑片 P，当两极板间电压为 U 时，该电容器所带电荷量为CU。此时，一质量为 m，电荷量为 q 的带正电粒子以速度 v_0 从该电容器左侧两极板间中点位置水平向右射入，恰好从上极板右侧边缘飞出，则两极板长度 $L=$$v_0 d\sqrt{\frac{m}{qU}}$。（不计带电粒子所受重力和边缘效应）



(1) 4.5，1.5　(2) （1）B （2）0.225 （3）C　(3) CU，$v_0 d\sqrt{\frac{m}{qU}}$

1．根据闭合电路欧姆定律 $E=U+Ir$

代入数据可得 $E=3+r$；$E=1.5+2r$

联立两式解得 $E=4.5\,\mathrm{V}$；$r=1.5\,\Omega$

2．（1）因为电阻 $I-U$ 图线的斜率为电阻的倒数，随着电阻两端的电压增大，可知斜率在不断增大，故随着电阻两端的电压增大，R 减小，再根据电阻定律 $R=\rho\frac{l}{S}$ 可得 ρ 也在减小，B 选项正确。

（2）从图像上可以看出，当电阻两端电压为 1.8 V 时，可读出此时流过电阻的电流为 0.125 A，根据公式 $P=UI$，代入数据解得 $P=0.225\,\mathrm{W}$。

（3）根据 $I-U$ 图像，实验装置能测得 $U=0$ 附近的数据，因此滑动变阻器应采用

分压式接法，而且电流表应测量流过电阻的电流，可推测该实验电路符合条件的只有 C 选项。

3.（1）闭合开关，稳定时，电容器两端的电压为 U。根据电容的定义式可知电容器的电荷量为 $Q=CU$。

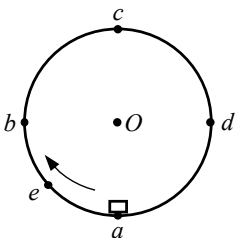
（2）根据牛顿第二定律得 $qE=q\frac{U}{d}=ma$，得加速度 $a=\frac{qU}{md}$。

粒子恰好从上极板右侧边缘射出，垂直于板的方向有 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}at^2$，解得 $t=d\sqrt{\frac{m}{qU}}$

水平方向上，可求得两极板的长度 $L=v_0t=v_0d\sqrt{\frac{m}{qU}}$

4. **竖直圆轨道**

如图，一光滑圆轨道竖直固定放置，a 为轨道最低点，b、d 是与轨道圆心 O 等高的点，c 为轨道最高点，e 为圆弧 ab 的中点。一小滑块以一定的水平初速度从 a 点出发，仅在重力和轨道对其弹力作用下沿圆轨道顺时针运动。



(1) 若物块从 a 点运动到 c 点所用时间为 t_0，则在 $t_0/2$ 时刻，物块位于 E。

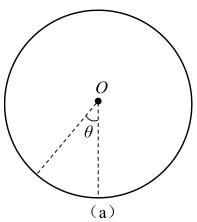
A. ae 之间　　B. e 点　　C. eb 之间　　D. b 点

E. bc 之间

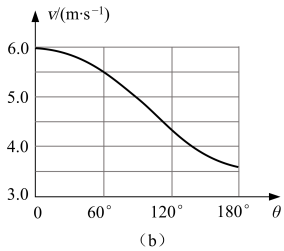
(2) 若质量为 m 的滑块从 a 点以水平速度 v_0 出发，恰能运动到 b 点，且用时为 t，则此过程中轨道对滑块弹力的冲量大小为 D。（重力加速度大小为 g）

A. mv_0　　B. mgt　　C. mv_0+mgt　　D. $m\sqrt{v_0^2+g^2t^2}$

(3) 已知物块质量 $m=0.5\,\mathrm{kg}$，以初速度 v_0 可以沿轨道做完整的圆周运动。图（b）是物块的速率 v 与物块与圆心连线转过的角度 θ 关系的图像。



（a）



（b）

i. 求轨道半径 R；（计算）

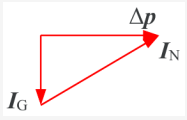
ii. 当 $\theta=60°$ 时，求小球克服重力做功的瞬时功率 P。（计算）

(1) E (2) D (3) （1）0.59 m （2）23.3 W

1．物块从 a 点运动到 c 点过程中一直做减速运动，因此物块沿圆弧从 a 点运动到 b 点、从 b 点运动到 c 点，这两个过程虽然路程相同，但前半段路程用时短，因此经过 $t_0/2$ 时间物块应运动在 b 点之上，即位于 bc 之间。正确选项为 E。

2．根据动量定理的矢量表达式，有

$I_{合} = I_G + I_N = \Delta p$



式中 $I_G = mgt$，方向竖直向下；$\Delta p = mv_0$，方向水平向右，由右图的矢量关系可知：

$I_N = \sqrt{I_G^2 + (\Delta p)^2} = m\sqrt{g^2t^2 + v_0^2}$

故选 D。

3.（1）由图像可知，物块在最低点的速度 $v_0 = 6\,\mathrm{m/s}$，转过 60° 时的速度 $v_1 = 5.5\,\mathrm{m/s}$。由动能定理得

$-mg \cdot \frac{R}{2} = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

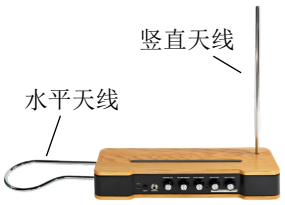
解得 $R = \frac{v_0^2 - v_1^2}{g} = \frac{6^2 - 5.5^2}{9.8}\,\mathrm{m} \approx 0.59\,\mathrm{m}$

（2）物块克服重力做功的瞬时功率

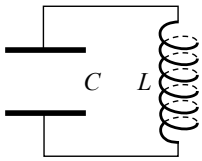
$P = mgv_1 \sin 60° = 0.5 \times 9.8 \times 5.5 \times \frac{\sqrt{3}}{2}\,\mathrm{W} \approx 23.3\,\mathrm{W}$

5. 特雷门琴

图示的特雷门琴是一种“不能碰的乐器”，它的两根天线与演奏者的双手构成两个电容器。弹奏者通过在空中移动双手来控制音调和音量。



(1) 特雷门琴电路的一部分可看成图示的 LC 回路。将其电磁振荡视为自由振荡。



i. 若将手与水平天线构成的电容器近似看成平行板电容器，则当手与水平天线之间的距离减小时，它们构成的电容器的电容 A。

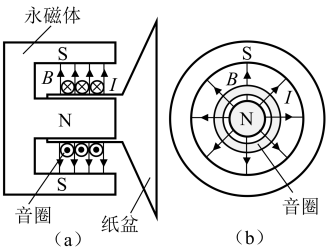
A. 增大　　B. 减小　　C. 不变

ii. 电容器放电完毕瞬间，以下各物理量中达到最大值的有 BC。（多选）

A. 电场能　　B. 电流

C. 磁场能　　D. 电容器两端电压

(2) 特雷门琴的电磁振荡通过扬声器转换为声波。扬声器的音圈绕在永磁体 N 上，其结构的剖面图和正视图分别如图（a）和（b）所示。



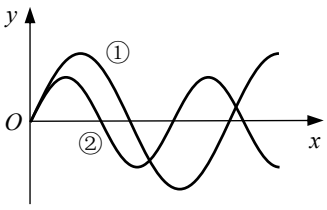
i. A4 音的频率为 440 Hz，25 °C 时空气中的声速为 347.6 m/s，则 25 °C 时 A4 音的声波在空气中的波长为 0.79 m。

ii. 当音圈中电流 I 的方向如图（a）所示时，图（a）中音圈所受安培力的方向 B。

A. 向左　　B. 向右　　C. 径向向内　　D. 径向向外

iii. 音圈中一匝线圈的周长为 2.0 cm，若音圈所在处的径向磁场磁感应强度大小均为 0.50 T，音圈中的电流 $i = I_0 \sin(2\pi f t)$，其中 $I_0 = 0.71$ A，$f = 200$ Hz，则该电流的有效值为 0.50 A；音圈中一匝线圈受到的安培力的最大值为 7.1×10^{-3} N。

(3) 演奏特雷门琴时，一手控制音调，手与竖直天线间距越小，琴发出的音调越高，另一手控制音量，手与水平天线间距越小，琴发出的音量越小。某特雷门琴输出的一列简谐声波的波形如图中①所示，为使其输出一列波形如②所示的简谐声波，应 C。



A. 一手远离竖直天线，另一手靠近水平天线

B. 一手远离竖直天线，另一手远离水平天线

C. 一手靠近竖直天线，另一手靠近水平天线

D. 一手靠近竖直天线，另一手远离水平天线

(1) （1）A （2）BC (2) （1）0.79 （2）B （3）0.50，7.1×10^{-3} (3) C

1.（1）平行板电容器的电容大小与极板间的距离成反比。当人手靠近天线时，相当于减小了电容器两极板间的距离，从而使电容变大。正确选项为 A。

（2）在 LC 振荡电路中，当电荷量为零时，由 $U=Q/C$ 可知极板的电压为零，电场能也为零；但电流却达到了最大值，而磁场能随电流的增大而增大，故磁场能也达到最大。故选 BC。

2.（1）根据波速、频率和波长的关系，有 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{347.6}{440}\,\mathrm{m}=0.79\,\mathrm{m}$。

（2）观察左图，根据左手定则可知线圈所受安培力方向为向右，故选 B。

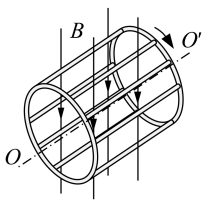
（3）对于正弦式交变电流，电流的有效值与最大值的关系为 $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$，则此题中有效值为 $\frac{I_0}{\sqrt{2}}=\frac{0.71}{\sqrt{2}}\,\mathrm{A}\approx0.50\,\mathrm{A}$。

将单匝线圈看成由无数段小直导线，则线圈受到的安培力的最大值为 $F=BI_0L=0.5\times0.71\times0.02\,\mathrm{N}=7.1\times10^{-3}\,\mathrm{N}$。

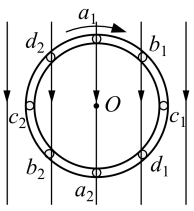
3. 由图可知声波由图线①变成图线②频率变大，即音调变高；振幅变小，即音量变轻。而题中告知手靠近竖直天线时，音调变高；靠近水平天线时，音量变轻，可知人手靠近竖直天线、靠近水平天线。故选 C。

6. 再生制动与气囊减震

再生制动与气囊减震相辅相成，共同提升车辆性能。再生制动通过能量回收提升能源利用效率，制动系统优先使用再生制动，不足部分由机械制动补充。气囊减震提升了乘坐舒适性和安全性。



图（a）



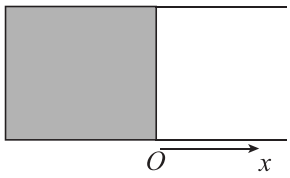
图（b）

(1) 一电动汽车采用笼式感应电机，再生制动时电机转为发电机模式。如图（a）所示的笼式电机在磁感应强度为 B 的匀强磁场中绕固定轴 OO' 转动，磁场方向与各导体条垂直。当电机转到如图（b）所示位置时，感应电动势最大的导体条为 A。

A. a_1 和 a_2　　B. b_1 和 b_2　　C. c_1 和 c_2　　D. d_1 和 d_2

(2) 一质量 $m=1500\,\mathrm{kg}$ 的电动汽车沿坡度 $\theta=4.8^\circ$ 的斜坡匀减速下坡。从 $v_0=72\,\mathrm{km/h}$ 减速至 $v_t=18\,\mathrm{km/h}$ 用时 $t=5\,\mathrm{s}$。若这 5 s 内系统完全使用再生制动，且该车在行驶过程中受到的除制动力以外的其余阻力的大小 $f=500\,\mathrm{N}$，求这 5 s 内该车的位移大小 x 和再生制动提供的制动力大小 F。（计算）

(3) 气囊减震技术中的气囊可简化为图示水平固定的气缸，质量为 M、横截面积为 S 的光滑活塞将一定质量的理想气体封闭在气缸内。开始时气缸内气体压强为 p_0、体积为 V_0，活塞静止于平衡位置 O。外界大气压强恒为 p_0。以 O 为原点、水平向右为正方向建立 x 轴。



i. 若缸内气体经历等温过程，求活塞在平衡位置 O 右侧、位移为 x 时内外气体对活塞的压力的合力大小 F。（计算）

ii. 若缸内气体经历等温过程，活塞由平衡位置 O 沿 x 轴正方向移动微小位移并由静止释放，证明活塞近似做简谐振动（论证）。与振子质量为 m、弹簧劲度系数为 k 的弹簧振子频率公式 $f_{弹}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ 类比，可知该活塞做简谐振动的频率 $f_1=\frac{S}{2\pi}\sqrt{\frac{p_0}{MV_0}}$。【提示：当 $|y|\ll 1$ 时，$\frac{y}{y+1}\approx y$】

iii. 若气缸和活塞导热性均不佳，活塞移动微小位移并由静止释放，在短时间内活塞的运动仍可视为简谐运动，其频率为 f_2。

① 与等温情况下活塞近似做简谐运动的频率 f_1 相比，C。

A. $f_1>f_2$　　B. $f_1=f_2$　　C. $f_1<f_2$

② 对上述①中的选择作出解释。（简答）

(1) A　(2)（1）$x=62.5\,\mathrm{m}$（2）$F=5230\,\mathrm{N}$　(3)（1）$F=\frac{p_0S^2}{V_0+xS}x$（2）$f=\frac{S}{2\pi}\sqrt{\frac{p_0}{MV_0}}$（3）C。根据热力学第一定律，若气缸绝热，则当气体体积增大时，气体对外做功，内能减小，气体温度降低，则压强 p 变得更小，则 $F_{回}=-(p_0-p)S$ 变得更大，k 也随之变大，由 $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}}$ 可知 f 也变大，即 $f_1<f_2$。

1．由图可知，磁场方向竖直向下，图中各点的线速度都沿切线方向，而此时 a_1 和 a_2 点速度方向与磁场方向垂直，产生的感应电动势最大。故选 A。

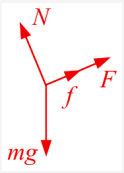
2．解：$v_0=72\,\mathrm{km/h}=20\,\mathrm{m/s}$，$v_t=18\,\mathrm{km/h}=5\,\mathrm{m/s}$

车沿斜坡匀减速运动 $x=\frac{v_0+v_t}{2}t=\frac{20+5}{2}\times 5\,\mathrm{m}=62.5\,\mathrm{m}$

车沿斜坡匀减速运动，设其加速度大小为 a

$a=\frac{v_0-v_t}{t}=\frac{20-5}{5}\,\mathrm{m/s^2}=3\,\mathrm{m/s^2}$

取沿斜面向上为正方向，据牛顿第二定律可知 $F+f-mg\sin\theta=ma$



联立解得：$F = ma - f + mg\sin\theta$

$= (1500 \times 3 - 500 + 1500 \times 9.8 \times \sin 4.8°)\,\mathrm{N} = 5230\,\mathrm{N}$

3.（1）设活塞偏离平衡位置的位移为 x 时，气缸内气体压强为 p。等温情况下气缸内气体满足玻意耳定律

$p_0V_0 = p(V_0 + xS)$

气缸内外压力差 $F = (p_0 - p)S$

解得 $F = \frac{p_0S^2}{V_0+xS}x$

（2）设 x 方向为正方向，则此时活塞所受合力作为回复力

$F_{回} = -F = -\frac{p_0S^2}{V_0+xS}x = -\frac{\frac{S}{V_0}x}{1+\frac{S}{V_0}x}p_0S$

由题意：若 $|y| \ll 1$，$\frac{y}{y+1} \approx y$；当 x 很微小时，$\frac{S}{V_0}x \ll 1$，所以 $\frac{\frac{S}{V_0}x}{1+\frac{S}{V_0}x} \approx \frac{S}{V_0}x$；即

$F_{回} \approx -p_0S\frac{S}{V_0}x = -kx$

即活塞的振动可视为简谐振动，其中比例系数 $k = \frac{p_0S^2}{V_0}$

频率 $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{S}{2\pi}\sqrt{\frac{p_0}{MV_0}}$

（3）根据热力学第一定律，若气缸绝热，则当气体体积增大时，气体对外做功，内能减小，气体温度降低，则压强 p 变得更小，则 $F_{回} = -(p_0 - p)S$ 变得更大，k 也随之变大，由 $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}}$ 可知 f 也变大，即 $f_1 < f_2$。故选 C。